

UNIVERSITE D'ALGER
FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER
Année 1929 — N° 2

ÉTUDE SUR LA RADIOACTIVITÉ ET LES Propriétés Physico-Chimiques DES EAUX D'HAMMAM R'HIRA Station thermale et climatique

THÈSE

pour le Doctorat d'Université (mention pharmacie)
soutenue publiquement le juin 1929

PAR

SAUGIER FRANÇOIS

Pharmacien — Licencié ès sciences

Ancien interne des hôpitaux de Dijon

Ex-préparateur et lauréat de l'École de médecine et de pharmacie de Dijon
né le 18 mars 1903 à Bonfol (Suisse)

MEMBRES DU JURY :

M. CHASSEVANT, Professeur d'hygiène,

PRÉSIDENT

M. PORTES, Professeur de physique médicale

JUGES

M. WUNSCHENDORFF, Agrégé (chimie)

DIJON

IMPRIMERIE VEUVE P. BERTHIER
12, Rue Berbisey, 12

1929

ÉTUDE SUR LA RADIOACTIVITÉ

ET LES

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

DES

EAUX D'HAMMAM R'HIRA

STATION THERMALE ET CLIMATIQUE

UNIVERSITÉ D'ALGER
FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

Année 1929 — N° 2

ÉTUDE SUR LA RADIOACTIVITÉ
ET LES
Propriétés Physico-Chimiques
DES
EAUX D'HAMMAM R'HIRA
Station thermale et climatique

THÈSE

pour le Doctorat, d'Université (mention pharmacie)

soutenue publiquement le juin 1929

PAR

SAUGIER FRANÇOIS

Pharmacien — Licencié ès sciences

Ancien interne des hôpitaux de Dijon

Ex-préparateur et lauréat de l'École de médecine et de pharmacie de Dijon

né le 18 mars 1903 à Bonfol (Suisse)

MEMBRES DU JURY :

M. CHASSEVANT, Professeur d'hygiène,

PRÉSIDENT

M. PORTES, Professeur de physique médicale

JUGES

M. WUNSCHENDORFF, Agrégé (chimie)

DIJON

IMPRIMERIE VEUVE P. BERTHIER

12, Rue Berbisey, 12

1929

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

DOYEN	MM. ARDIN-DELTEIL (*, I. O).
DOYEN HONORAIRE	HERAIL (*, I. O).
ASSEESSEUR	GILLOT (I. O).

PROFESSEURS

Clinique médicale.....	MM. ARDIN-DELTEIL (*, I. O).
Clinique ophtalmologique.....	CANGE (*, I. O).
Clinique médicale infantile.....	GILLOT (I. O).
Clinique des maladies des pays chauds, des maladies syphilitiques et cutanées.	RAYNAUD (*, I, A. O).
Clinique chirurgicale	COSTANTINI (*, A. O, I).
Clinique obstétricale et puériculture du 1 ^{er} âge.....	LAFFONT (*, I, A. O).
Clinique chirurgicale infantile et d'or- thopédie.....	LOMBARD (I, I. O).
Histologie et Embryologie.....	WEBER (*, I, I. O).
Anatomie pathologique	POUJOL (I. O).
Chimie biologique et toxicologie	MAILLARD (*, I. O).
Hygiène, hydrologie et climatologie ..	CHASSEVANT (O. *, O. I, I. O).
Physiologie	TOURNADE (O. *, I, I. O).
Pharmacie.....	MUSSO (I. O).
Chimie minérale et organique.....	N...
Médecine légale.....	GIRAUD (*, A. O, I).
Anatomie	LEBLANC (*, I, I. O).
Microbiologie et parasitologie.....	PINOY (*, I. O).
Physique médicale.....	PORTES (*, I, I. O).
Anatomie médico-chirurgicale et mé- decine opératoire.....	CABANES (*, I, I. O).
Botanique et matière médicale	SENEVET (I, A. O).
Pathologie générale et pathologie mé- dicale	AUBRY (*, A. O, I).

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. ARGAUD (*, I. O).	MM. HERAIL (*, I. O).
VINCENT (*, I. O).	SOULIE (*, I. O).

CHARGÉS DE COURS

Enseignement théorique des élèves sages-femmes.....	MM. FUSTER (*, I, I. O).
Cours de cliniq. d'oto-rhino-laryng...	ABOULKER (*, I. O).

AGRÉGÉS

Chirurgie.....	{	MM. DUBOUCHER.
Médecine.....		FERRARI (A. O).
Physiologie.....	{	POROT (A. O).
Anatomie.....		LEBON (*, I).
Chimie médicale.....	{	HERMANN, (I).
Obstétrique.....		RIBET (I).
Histologie	{	WUNSCHENDORFF (I. O).
Histoire naturelle pharmaceutique...		HOUEL (*, I).
		COURRIER (I).
		FOURMENT.

Nota. — La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

A MES PARENTS

Témoignage de profonde reconnaissance

A MA SŒUR

A MES FRÈRES

MEIS ET AMICIS



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR A. CHASSEVANT

Professeur d'hygiène, d'hydrologie et de climatologie
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie d'Alger
Officier de la Légion d'Honneur

*Qu'il veuille trouver ici l'expression de notre
grande reconnaissance et de notre respectueux
dévouement pour l'intérêt qu'il nous a porté en
dirigeant notre travail et l'honneur qu'il nous
fait en acceptant de présider le jury de notre
thèse.*

A MES JUGES

A MES MAITRES

DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE DIJON

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE DIJON

DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE STRASBOURG

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

INTRODUCTION

L'Algérie, trop de Français l'ignorent, n'est plus qu'à deux jours de Paris. Avant deux ans, un paquebot rapide fera la traversée Marseille-Alger en treize heures et sans doute un service aérien, mettra-t-il moins de temps encore.

Il ne nous est pas possible d'oublier l'impression d'étonnement et d'admiration qui nous saisit lors de notre premier débarquement à Alger. Une grande cité moderne s'est édifiée autour de la ville indigène. Deux mondes, deux époques, deux civilisations se juxtaposent. La France, qui s'est donné la mission de protéger l'adolescence du peuple arabe, s'efforce de le comprendre et, tout en respectant ses traditions, tend à en faire l'héritier de son génie.

Œuvre toute de patience, de dévouement et de générosité !... Car ici se rencontrent, sans se heurter, l'Orient et l'Occident. La richesse du sol, la douceur du climat, la clarté du ciel, la variété des costumes et le pittoresque des paysages font de ce pays une France nouvelle, plus prospère que l'autre et qui, comme tous les jeunes organismes, évolue avec rapidité.

Il y a cinquante ans, la grande préoccupation était d'assainir le pays, de lutter contre le paludisme et les maladies

qui désolaient la contrée. Aujourd'hui, non seulement la malaria a presque complètement disparu de nombreuses régions, mais les lieux où elle sévissait avec le plus d'intensité, comme la Mitidja, sont devenus les plus riches de tout le pays.

En même temps qu'elle fait reculer la maladie, la tutelle française apporte la sécurité à l'indigène et à l'Européen, les protège contre le meurtre et les rapines coutumières avant notre arrivée, et leur permet d'exploiter les richesses du pays.

Ce sont les fruits du sol et les produits de la mine qui ont tiré l'Algérie de son sommeil. Ils ne suffisent plus à sa prospérité. Le moment est venu pour elle de se créer d'autres ressources. Son climat lui amène chaque année de nombreux touristes et des malades. Ses eaux thermales doivent retenir, dans un avenir prochain, tous ceux que leurs infirmités ou leurs loisirs appellent à bénéficier, l'hiver, de la thérapeutique hydrominérale.

Déjà, nous voyons un certain nombre de médecins algériens exercer, l'été, dans les principales stations thermales de France. En leur faisant mieux connaître les ressources de leur propre pays, peut-être auront-ils l'occasion d'amener leurs malades à les suivre sous le beau climat d'Algérie, durant la mauvaise saison.

Il est nécessaire aussi que l'étranger sache que l'Égypte n'a pas l'hiver le moins rigoureux. Pour la température, l'Algérie est au moins aussi favorisée. Elle a, de plus, des eaux qui gagnent à être connues.

D'autre part, nombreux sont les Algériens qui, ne pouvant se rendre chaque année en France, désirent néanmoins bénéficier des ressources climatiques ou thermales du pays. Hammam R'hira est à cet égard une station privilégiée ; à ses eaux de réputation établie elle ajoute le charme de

son climat : très doux l'hiver, il est protégé l'été contre les chaleurs débilitantes par son altitude et la brise marine.

C'est pourquoi nous nous sommes efforcé, dans ce modeste travail, de faire connaître l'une des plus belles stations de l'Afrique du Nord : Hammam R'hira, qui, par ses eaux de thermalité et de minéralisation variées n'a cessé d'attirer depuis l'antiquité les malades des divers peuples qui se sont succédé sur cette terre aux fortunes si diverses.

Nous nous sommes particulièrement attaché à l'étude de la radioactivité et des propriétés physico-chimiques des eaux, afin de chercher à expliquer, dans la faible mesure de nos connaissances, leur action physiologique.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à M. le Professeur Moureu, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur au Collège de France, qui a bien voulu nous permettre de nous initier dans son laboratoire à la technique délicate des mesures de radioactivité, et à ses collaborateurs MM. A. Lepape et M. Geslin, chef de travaux et préparateur à l'Institut d'hydrologie et de climatologie qui, avec une amabilité égale à leur savoir, nous ont guidé dans nos premières expériences et nous ont enseigné tous les écueils qu'une longue pratique leur a appris à éviter.

Nous adressons également nos remerciements à M. le Docteur Béguet, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Alger, qui a bien voulu se charger de l'analyse bactériologique des eaux utilisées en boisson et des mesures de tension superficielle ; à MM. les Docteurs Cocheret et Dreyfus, médecins consultants à Hammam R'hira, dont les intéressantes indications ont complété notre documentation ; enfin à M. le Directeur du Grand Hôtel, qui nous a facilité l'accès des griffons et la visite de l'établissement thermal.

PREMIÈRE PARTIE

La Station d'Hamman R'hira

CHAPITRE PREMIER

I. Voies d'accès

Hamman R'hira est situé sur la route d'Alger à Miliana, à 103 kilomètres O. S. O. de la première de ces deux villes, et à 24 kilomètres E. N. E. de l'autre, entre la partie occidentale de la Mitidja et la vallée du Chéelif.

On s'y rend avec une grande facilité, par chemin de fer ; on descend à Bou-Medfa, station située à 91 kilomètres d'Alger, sur la ligne d'Oran. De là, la voiture de l'hôtel conduit les voyageurs à l'établissement thermal. De plus, durant l'hiver, un autobus assure directement le service d'Alger à Hamman R'hira.

Ce dernier trajet est plus agréable, parce qu'il permet, après avoir franchi les collines du Sahel d'Alger, de contempler davantage les riches cultures de la Mitidja : vigno-

bles à perte de vue, çà et là coupés par un champ de tabac ou de géranium ; cultures maraîchères ; vergers de pruniers japonais, de néfliers, et surtout orangers, citronniers, mandariniers de Boufarik et de Blida, protégés contre le siroco par une haie de hauts cyprés.

C'est en hiver, quand on arrive de France, que ce spectacle est le plus impressionnant. A la fin de janvier, les pêchers et les amandiers commencent à fleurir, les champs se couvrent de crucifères et d'oxalis, les chemins sont bordés d'asphodèles : tandis qu'une bonne partie de la France est encore sous la neige, on traverse une immense prairie en fleurs.

Dans les villages, bâtis sur un modèle unique, des monuments demeurent témoins des épisodes de la conquête.

Peu après Blida, on pénètre dans une zone montagneuse, couverte de forêts de chênes-lièges et de pins, et profondément ravinée par des oueds au cours capricieux. Vers le Sud apparaissent les sommets élevés de l'Atlas. Du côté de la mer, un dôme immense rompt une ligne d'horizon uniforme : c'est le « Tombeau de la Chrétienne » qui aurait été érigé par Juba II, roi de la Mauritanie césarienne.

Aux environs de Bou-Medfa, la route doit gravir en 12 kilomètres les 300 mètres d'altitude qui séparent la vallée de l'Oued Djer de l'établissement thermal. Après avoir parcouru ces pentes arides, où s'accrochent quelques buissons de lentisques et de jujubiers, on est heureux peu après avoir traversé le village d'Hammam R'hira, de trouver un paysage enchanteur : le massif du Zaccar à l'Ouest, les chaînes parallèles du Gontas et de l'Atlas au Sud, séparées d'Hammam R'hira par la vallée étroite et profonde de l'Oued el Hammam, alors qu'on laisse derrière soi la plaine de Bou Medfa que domine, au loin, le pic de Mouzaïa.

C'est dans ce site ravissant, au milieu d'un parc magnifique, qu'est situé l'établissement thermal d'Hammam R'hira.

II. Historique

En 1842, les services du génie, chargés de construire la route d'Alger à Miliana mettaient à jour les vestiges d'une ville romaine bâtie à proximité des sources thermales. On identifiait ainsi les lieux où s'élevait *Aquæ calidæ colonia*, ville mentionnée dans l'itinéraire d'Antonin, dressé en 44 avant J. C. et revu sous Théodose II en 435.

Depuis cette époque, des fouilles, pratiquées non sans méthode, mais à intervalles éloignés, mirent à jour, outre des sarcophages où la légende voulut voir des squelettes géants, des vestiges de thermes et de temples d'où furent retirés plusieurs motifs architecturaux. Les uns sont exposés dans le parc de l'établissement thermal actuel, les autres ont été dispersés, soit dans des musées, soit dans des collections particulières. Les fouilles, reprises, permettraient sans doute de faire de nouvelles découvertes.

Aquæ calidæ était une des étapes de la route de Cherchell à Carthage. Une colonie de vétérans y avait été installée pour assurer la sécurité. Elle devint bientôt la ville d'eaux des riches citoyens de Cherchell, alors *Julia Cæsaræa*, et de Tipaza. Ptolémée parle des eaux d'*Aquæ calidæ* en 125. Mais, à partir de l'invasion des Vandales, au ^{vi}e siècle, on perd la trace de cette cité florissante. La ville est cependant mentionnée dans un atlas édité à Lyon en 1541. Les historiens Arabes du ^{xvi}e siècle, la signalent : El Békri l'appelle une petite ville, Edrisi un bourg. Diego de Haüedo, historien digne de foi, dit son traducteur M. de Grammont, narre

dans son « Histoire des rois d'Alger » une révolte contre les Turcs, en 1544, du Cheik Sidi Butereque, dont les sujets se trouvaient aux bains d'Hammam R'hira.

Plus près de nous, Shaw, pasteur anglais qui séjourna de nombreuses années en Berbérie, raconte en 1742, dans ses « Voyages dans la régence d'Alger », que les bains d'Hammam R'hira sont très fréquentés. Deux piscines étaient réservées, l'une aux Arabes, l'autre aux Juifs. Les eaux, qui contiennent du fer, ce qu'il a reconnu au précipité noir obtenu avec la noix de galle, sont, dit-il, très efficaces contre les rhumatismes, la jaunisse et plusieurs autres maladies.

L'occupation française tira immédiatement profit de ces eaux. Dès 1844 un établissement hospitalier militaire, d'abord rudimentaire est établi : on utilise des piscines romaines restaurées. Les résultats obtenus sont tels qu'on n'hésite pas à bâtir l'établissement militaire actuel.

Peu après s'élevait un hospice privé. En 1880 M. Arlès-Dufour obtient la concession des sources pour 99 ans, sous conditions d'ouvrir un hopital pour les Algériens pauvres et de construire des bains spéciaux pour les Arabes et les Juifs.

C'est à ce moment qu'on capte les sources, qu'on construit l'hôtel Bellevue, et qu'on trace un parc.

En 1882, M. Arlès-Dufour conçoit le projet d'un établissement thermal plus important et entreprend la construction du Grand-Hôtel. Cette œuvre devait être achevée par le Crédit Foncier d'Algérie et de Tunisie, qui réalisa l'établissement que nous voyons aujourd'hui.

CHAPITRE II

I. Géologie

1° Le Bassin miocène de Bou-Medfa et d'Hamman R'hira

Les sources thermales d'Hamman R'hira, situées à environ 525 mètres d'altitude, se trouvent près de la bordure Nord du bassin miocène du Chélif. Ce bassin s'est creusé, dès l'origine de cette période, entre les chaînes crétacées qui l'entourent de toutes parts, sauf vers l'Ouest, où il se continue par la plaine d'Affreville. Il comprend donc toute la région dénudée située entre les massifs boisés de Miliana et de Mouzaïa au Nord, et ceux également boisés de Berrouaghia et des Matmata. Cette dépression est partagée par une crête médiane d'environ 700 mètres d'altitude : la chaîne du Gontas. Cette chaîne se détache à l'ouest du massif de Miliana, au Djebel Ouamborg et se poursuit vers le N. E. de façon à venir se rattacher au massif de Mouzaïa. Une crête secondaire, moins élevée que le Gontas, mais qui lui est parallèle, se poursuit depuis Changarnier jusqu'à l'est de Bou-Medfa, séparant ainsi la vallée de l'Oued el Hamman de celle de l'Oued Zeboudj.

2° Le môle crétacé des Beni-Menacer

Les massifs montagneux qui dominent Hammam R'hira au Nord et à l'Ouest présentent dans cette dernière direction une altitude de 850 à 1050 mètres (Diouane-Sellah). Ils s'abaissent rapidement à l'Est dans la trouée (400 mètres en moyenne) que suit la route d'Alger à Miliana. Cette région constitue une puissante chaîne crétacée, comprenant une série complète et puissante d'assises, allant du néocœmien au sénonien. Le crétacé inférieur, argilo-schisteux avec lits de quartzites, est un terrain siliceux, en grande partie boisé de chênes. Le crétacé moyen et supérieur, calcaire, est couvert de forêts de pins.

3° Le noyau primitif du Zaccar

Le Zaccar Chergui ou oriental (1572 mètres) qui est le sommet culminant à l'Est du massif des Zaccars est un tronçon d'une ancienne chaîne démantelée dont les lambeaux jalonnent une partie de la bordure de la vallée du Chélif.

« C'est un noyau complexe, en forme de dôme, dont l'axe comprend des schistes siluriens, surmontés de poudingues de grès et de schistes, et dont les flancs présentent des bancs redressés de calcaires liasiques. » FICHEUR.

De petits pointements disloqués, au Nord du massif (plâtrières) révèlent l'existence du trias à faciès germanique, c'est-à-dire gypse, sel, marnes bariolées et roches ophi-tiques.

4^o **Relations du crétacé et du miocène dans la région d'Hamman R'hira**

La bordure du bassin miocène qui se développe au Sud et à l'Est se trouve à environ 2 km. 500 au N. O. d'Hamman R'hira. C'est à M. Brives que l'on doit l'étude détaillée de cette formation.

Les marnes et argiles miocènes contrastent de manière frappante, par leur nudité et la jeunesse de leur relief, avec les croupes calcaires crétacées.

L'étage inférieur cartennien (de Cartenna : Ténès ; correspond au burdigalien du bassin d'Aquitaine) débute par des poudingues fortement redressés, très durs (Koudiat Rarroula à l'Ouest). Ces poudingues deviennent moins grossiers et passent d'abord à des grès grisâtres, qui s'intercalent bientôt de lits marneux, puis à une puissante assise de marnes dures, traversées de filons de calcite. Ces marnes, grises, rigides et dénudées, sont puissamment ravinées. Sous l'action des agents atmosphériques, leurs sommets prennent une teinte fauve. Ce sont elles que traverse la route en lacets de Bou-Medfa à Hamman R'hira. Elles sont également développées sur les collines situées au Nord d'Hamman R'hira. Cette formation renferme, à environ 2 kilomètres au Sud de Koudiat Rar-Roulla, des schizaster, des polypiers et des moules de Vénus.

Le miocène moyen (helvétien) est discordant et transgressif sur l'étage précédent. Ses assises inférieures seules sont représentées au voisinage d'Hamman R'hira. Il débute par un conglomérat à éléments peu roulés, rougeâtre, qui a l'apparence d'un dépôt torrentiel. Cette formation provient sans doute du démantèlement de la chaîne du Zaccar. On y trouve, en effet, de nombreux galets d'hé-

matite rouge. Elle occupe la majeure partie de la forêt de Chaïba et une partie des coteaux situés au Nord d'Hammam R'hira. Les affluents de l'Oued el Hammam y ont creusé de profonds ravins.

L'étage se poursuit par des argiles grises intercalées de parties gréseuses, qui descendent sur la rive gauche de l'Oued el Hammam et se retrouvent à la base des coteaux de Vesoul-Beniam.

5° Faille de Hammam R'hira

Les sources thermales jaillissent à la faveur d'une faille qui met en contact les marnes du cartennien (lèvre sud) avec le crétacé supérieur (sénonien) constitué par des marnes schisteuses à nodules calcaires, non fossilifères. Cette faille se montre très nette sur un parcours d'environ 4 kilomètres. Un peu au-dessus du village d'Hammam R'hira, à partir du marabout de Sidi Abd el Kader et jusque vers l'hôpital militaire, elle a une orientation N. E.-S. O., puis elle s'incurve légèrement et prend une direction O. S. O. jusqu'au marabout de Lella-Allia (confluent de l'Oued Chaïba et de l'Oued el Hammam).

Dans la région des sources thermales, le trajet de cette faille est masqué par des travertins calcaires anciens. Le plus important recouvre toute la zone des sources thermales. Il a une superficie de 2 kilomètres environ du N. O. au S. E. sur une longueur moyenne de 1 kilomètre. L'autre, sur lequel est bâti le village d'Hammam R'hira, a une longueur d'environ 2 kilomètres sur 200 à 300 mètres de largeur.

Ces dépôts travertineux, sédiments accumulés par les eaux pendant une période assez longue, dont il est impossible de fixer le début et la durée, remontent au Nord de

la ligne de faille indiquée. D'après M. Ficheur « il est vraisemblable que des fractures secondaires, accompagnant la ligne principale, ont donné issue à l'eau thermale, dont les griffons anciens ont été masqués par l'accumulation des dépôts travertineux. »

6° Relations de la faille avec le Zaccar

La direction O. S. O. de la dernière partie visible de la faille se prolonge vers la bordure Sud du Zaccar Chergui. Les flancs de cette montagne sont sillonnés de cassures et bordés par une ligne de contact anormal qui met les calcaires liasiques en relation avec le miocène (cartennien). Ces calcaires liasiques constituent un réservoir aquifère important. Ils donnent d'ailleurs naissance à de nombreuses sources. Ils forment le substratum en profondeur de toute la chaîne crétacée des Beni-Menacer.

D'autre part, il est à peu près certain que le lias s'est déposé transgressivement sur le trias, ici comme ailleurs. Il est probable que la faille intéresse une partie notable de l'écorce terrestre, et qu'elle met en contact, non plus par simple superposition, mais latéralement, à une profondeur que nous discuterons dans un autre chapitre sur l'origine des eaux thermales, les calcaires liasiques et les marnes gypso-salines du trias. Cette interprétation est conforme avec ce que nous savons du trias algérien, terrain plastique et intrusif, et qui aurait joué un rôle d'amortisseur au moment de l'effondrement des couches superficielles.

II. Climatologie

Grâce à sa situation géographique et topographique, Hammam R'hira jouit d'un climat privilégié, doux l'hiver, tempéré l'été.

1^o Géographie

Hammam R'hira fait partie du massif des Zaccars dont la protubérance orientale, le Zaccar Chergui (1572 mètres) domine la station à l'Ouest. Ce massif se continue vers le Nord par les hauteurs de Cherchell et du Chenoua. C'est l'extrémité septentrionale de la grande dorsale Laghouat-Médéa qui sépare les deux Tells oriental et occidental. Cette ligne transversale relie la chaîne de l'Atlas au Sud, aux collines de plus faible altitude qui bordent les rives de la Méditerranée : Dahra, massif de Cherchell, Sahel d'Alger.

2^o Topographie

Le Djebel Hammam R'hira est une colline d'environ 600 mètres d'altitude. C'est à flanc de coteau, sur un plateau incliné vers le Sud-Est, que jaillissent les sources thermales. La station est entourée d'un vaste parc. De tous côtés, la vue est magnifique. A l'Ouest, le Zaccar. Au Sud, la vallée profonde, presque un cône, de l'Oued el Hammam derrière laquelle apparaissent trois lignes de hauteurs parallèles : celle de Vesoul-Benian, le Gontas et, au loin, l'Atlas. A l'Est, la vallée élargie de l'Oued el Hammam, le village de Bou-Medfa, et le pic lointain de Mouzaïa, où s'accroche parfois un nuage. Au Nord, du sommet de la colline, on

aperçoit à l'Est la ligne du Sahel, le Tombeau de la Chrétienne, et, par temps clair, la ligne bleue de la Méditerranée, distante de 20 kilomètres à vol d'oiseau.

3^o Régime des vents

Les vents qui soufflent à Hammam R'hira sont, en hiver, les vents du Nord et d'Ouest. La station est abritée contre les premiers par sa situation au flanc Sud d'un coteau ; contre les seconds, qui amènent la pluie, par le Zaccar et la forêt de Chaïba. Le vent du Sud ou sirocco souffle environ 35 jours par an. Il est en partie arrêté par la chaîne du Gontas et les hauteurs de Vesoul-Benian. La station est ouverte au vent d'Est qui ne souffle guère que l'été et rafraîchit alors la température.

4^o Pression barométrique

Les hauteurs barométriques n'ont pas de variations brusques. Elles oscillent entre 725 et 711 millimètres. Pendant tout le mois de novembre 1928, elles furent supérieures à 720 millimètres (à 520 mètres d'altitude, soit 770 millimètres au niveau de la mer) avec un minimum de 721 millimètres et un maximum de 725 millimètres.

5^o Pluies

Les précipitations sont abondantes, mais se répartissent sur un petit nombre de jours. Il pleut moins que sur le littoral. Durant l'hiver 1883-1884, on compte 37 jours pluvieux durant lesquels il serait tombé 80 centimètres d'eau. Ces chiffres sont excessifs puisque la moyenne des pluies en Algérie (68 centimètres à Alger) va diminuant d'Est en Ouest.

6° Humidité

Le climat d'Hamмам R'hira est sec. C'est sa grande supériorité sur le climat d'Alger et du littoral. L'humidité rend en effet sensibles les moindres changements de température, et elle a une action défavorable sur les affections rhumastimales. Le sol, perméable et incliné, permet l'écoulement rapide des eaux.

7° Température

Deux faits la caractérisent à Hamмам R'hira : l'absence de variations brusques et une moyenne hivernale élevée, supérieure à celle des stations de la Riviera française et italienne. On a donné le chiffre de 12° pour les six mois d'hiver. Le tableau suivant, emprunté à Th. Savill, donne les températures extrêmes, les seules qui caractérisent un climat, pour l'hiver 1883-1884.

Ces températures ont été publiées par l'auteur en degrés Fahrenheit. Nous les donnons en degrés centigrades, avec les indications dont il les fait suivre.

Température à Hamмам R'hira du 15 novembre 1883 au 31 mars 1884

	MAXIMUM	MINIMUM	BRAUX JOURS	JOURS nuageux	JOURS de pluie	TOTAL des pluies
Nov. 15-30.	26°5	4°	10	5	5	11 pouces.
Décembre.	17°5	— 1°7 (deux jours)	13	18	8	3 p. 1/2 et 3 averses.
Janvier ...	20°5	2°5	21	6	6	3 pouces et 2 averses.
Février ...	22°	4°	16	13	5	2 1/3 p. et 3 averses.
Mars	21°	0°5	11	20	12	10 1/3 p. et 3 averses.

Ces températures ont été lues à 6 pieds au-dessus du sol à l'ombre. En décembre, on compte un jour de neige et deux jours de gelée ; en Janvier, un jour de brouillard épais ; en février ,2 jours de sirocco ; en Mars, 4 jours entiers de pluie, 6 jours de vent froid et un jour de sirocco.

On voit que le thermomètre descend rarement à 0°. La végétation du parc ne résisterait d'ailleurs pas à une gelée prolongée. Les chutes de température au coucher du soleil sont beaucoup moins soudaines que dans le Midi de la France.

Grâce à la proximité de la mer, les nuits ne sont jamais très fraîches et les étés jamais très chauds. Aussi voit-on de nombreux Algériens qui viennent faire une station estivale à Hammam R'hira.

8° État de l'atmosphère

L'absence d'agglomérations et de cours d'eau importants au voisinage d'Hammam R'hira, son orientation au Sud-Est à une altitude moyenne, la proximité de la forêt de Chaïba, contribuent à entretenir à Hammam R'hira une atmosphère d'une pureté, d'une luminosité et d'une salubrité remarquables.

La douceur du climat (sur 137 jours d'hiver, il y a 71 beaux jours, soit plus de la moitié) permet des sorties fréquentes.

CHAPITRE III

Les Établissements d'Hammam R'hira

Hamмам R'hira est, avec Korbous, en Tunisie, la seule station de l'Afrique du Nord qui, par l'action de ses eaux, son installation moderne, le confort de ses établissements et les divertissements offerts aux baigneurs, puisse être comparée aux meilleures stations thermales de France et d'Europe.

Il existe à Hamмам R'hira quatre établissements : un hôpital militaire, deux établissements civils et un établissement indigène.

L'Hôpital militaire

a) Origine

C'est lui qui décida de l'avenir de la station. Il est le seul de ce genre en Algérie.

Dès 1842, les médecins militaires envoyèrent des malades à Hamмам R'hira. L'installation était des plus rudimentaires. Les piscines romaines avaient été seulement nettoyées. Il n'y avait pas le moindre abri. Tout le monde, malades, personnel médical et administratif, logeait sous la tente ou dans des gourbis. Les observations portent sur 35

cas, parmi lesquels 30 militaires, 4 colons et 1 indigène. Il y a 19 guérisons complètes, 10 améliorations, 5 cas d'effet nul, un cas incertain. « Je crois qu'on était loin de s'attendre à un résultat aussi satisfaisant, surtout en réfléchissant au peu de moyens en notre pouvoir » dit le médecin traitant dans son premier rapport.

En présence de tels faits, l'administration entreprend la construction d'un hôpital militaire. En 1844, les premiers malades y sont reçus. L'établissement, depuis cette époque, a toujours fonctionné. Il a été agrandi en 1907. Il est aménagé de façon confortable et doté des principaux moyens de traitement modernes.

b) Description

L'hôpital militaire est situé dans la partie inférieure du parc. Les bâtiments anciens comprennent trois piscines. Deux sont des piscines romaines restaurées : l'eau y jaillit directement des griffons.

Dans les nouveaux bâtiments, à côté des salles de massage, de sudation, de repos, ont été installés les appareils hydrothérapiques : baignoires, douches en jet, en pluie, douches sous-marines, douches de Vichy et des logements pour le médecin, les malades et le personnel.

L'hôpital peut recevoir simultanément 6 officiers, 4 sous-officiers, et 20 soldats. La durée du traitement est d'un mois.

L'établissement est ouvert pendant trois saisons :

du 15 avril au 15 mai ;

du 15 mai au 15 juin ;

du 15 septembre au 15 octobre.

Il est alimenté par 6 sources débitant ensemble 380 mètres cubes par jour.

Les Établissements civils

Deux établissements civils étaient ouverts autrefois, l'un en été, l'autre pendant l'hiver. Ils s'adressaient à deux clientèles distinctes. Le Grand-Hôtel recevait la clientèle cosmopolite, désireuse de passer l'hiver sous un climat agréable, avec le maximum de confort et de distractions.

En été, l'hôtel Bellevue, plus modeste, était fréquenté par une clientèle algérienne, attirée par les bienfaits de la cure thermale ou climatique, mais que des considérations diverses empêchaient de se rendre dans les stations françaises.

Actuellement l'Hôtel Bellevue est fermé au public. Une partie de ses bâtiments est habitée par le personnel du Grand-Hôtel. Il est à désirer qu'une restauration bien comprise le rende à sa destination première. En attendant, il est juste de remarquer que le Grand-Hôtel, en faisant des prix d'été particulièrement avantageux, peut retenir la clientèle que recherchait autrefois l'Hôtel Bellevue.

Le Grand-Hôtel des Bains

Au centre même des ruines romaines, le Grand-Hôtel est le plus vaste des établissements d'Hamam R'hira. C'est le seul, actuellement, qui soit ouvert à la clientèle toute l'année. Il est situé à la partie supérieure du parc. C'est un bâtiment de 90 mètres de long, prolongé sur les côtés par deux ailes. Sa façade est tournée exactement vers le sud.

L'établissement comprend les thermes, situés dans les sous-sols, un rez-de-chaussée et deux étages. On y accède par un escalier de marbre blanc. Sur la façade Nord, une longue véranda vitrée permet aux malades et aux touristes de jouir de l'agrément du jardin sans être exposés aux intem-

péries. Les chambres sont confortables. La vue qui s'étend sur le parc est splendide, et le réveil se fait le plus souvent au chant des oiseaux. L'établissement est muni depuis peu du chauffage central, trop souvent absent en Algérie, même des hôtels de premier ordre, sous prétexte qu'il ne fait pas froid. Nul doute que cette amélioration récente réclamée par la santé des malades, ne contribue à leur faire encore apprécier le charme de vivre à Hammam R'hira.

La clientèle étrangère, et surtout anglaise, qui vient nombreuse à Hammam R'hira l'hiver, trouve au Grand-Hôtel toutes les commodités auxquelles elle est habituée.

Les Thermes

Situés dans les sous-sols, on y accède directement par le vestibule de l'Hôtel. Cette disposition heureuse permet aux malades d'y être transportés par l'ascenseur directement de leurs chambres.

Leurs proportions sont imposantes. Deux piscines de 10 mètres de long sur 5 de large ont une profondeur de 1 m. 10 et une température de 39 et 43°. A droite se trouvent des salles de repos, de sudation et de massage.

A gauche sont installés les appareils hydrothérapiques : douches chaudes et froides, douches en jet, en cercle, douche d'Aix, de Vichy ; douches ascendantes, vaginales, péri-néales, sous-marines. Il y a également de nombreuses baignoires avec lits de repos et des piscines individuelles. Il est interdit de prendre des bains sans autorisation médicale.

Les thermes sont alimentés par huit sources de 67 à 39°. Leur débit journalier est de plus de 450 mètres cubes. L'une d'elles jaillit dans une cour de l'hôtel, une autre sous le casino.

L'Hôtel Bellevue

Il est situé à environ 150 mètres du Grand-Hôtel, un peu plus bas et à l'Est. Il est aujourd'hui à peu près inutilisé. Construits en style arabe, les bâtiments entourent, sur trois côtés, une cour plantée d'orangers. Du côté Sud, une galerie vitrée permet au regard de contempler la vallée de l'Oued el Hammam ou de plonger dans la cour des bains Maures, situés à 10 mètres au-dessous.

L'établissement thermal est situé au rez-de-chaussée de l'aile Nord. Il comprend deux piscines, des salles de douches, de massages et de bains. On y utilise, pour des pratiques hydrothérapiques semblables, les mêmes eaux qu'au Grand-Hôtel.

L'Hôtel du Mont Rose

Il est à l'Est de l'Hôtel Bellevue et sert à loger le personnel du Grand-Hôtel.

L'Établissement indigène

Il se trouve à la limite inférieure du parc, en contre-bas de l'Hôtel Bellevue. Il comprend une cour rectangulaire entourée de trois côtés par des bâtiments servant d'hôtel. Les chambres, où l'on trouve un âtre et quelques nattes, sont louées à des prix variables.

Les bains sont situés dans un bâtiment à coupoles qui occupe la partie Nord. Ils comprennent quatre piscines. Les deux de droite sont réservées aux hommes, celles de gauche, aux femmes et aux enfants. L'eau qui alimente les piscines ruisselle du plafond sur les parois des chambres. La buée ainsi produite rend plus faible encore un éclairage insuffisant.

Deux piscines sont plus tièdes, environ 37 à 40°, deux autres plus chaudes, environ 43°. Ces températures varient d'ailleurs avec la quantité d'eau chaude que l'Arabe, gardien des bains, y laisse entrer.

La réputation des bains d'Hamмам R'hira attire chaque année de nombreux Arabes, surtout en été. Le chiffre annuel des visiteurs est évalué à 20.000. L'eau chaude, don d'Allah, est un remède à tous les maux. L'Arabe vient aux bains, monté sur un âne, avec toute sa famille. Il n'y séjourne guère que quatre ou cinq jours. Mais il prend deux, trois et même quatre bains par jour. La femme arabe se rend au bain comme à un lieu de plaisir et de réunion. Elle y retrouve ses amies et manifeste bruyamment sa joie par des rires, des chants et des Youyou aigus. En témoignage de reconnaissance à Sidi Sliman, patron des sources, on allume des bougies multicolores et fait brûler des parfums.

Après le bain, l'indigène se couche au soleil, enveloppé dans son burnous, ou se rend au café maure annexé à l'établissement.

Les distractions à Hamмам R'hira

Comme toutes les stations thermales, Hamмам R'hira est fréquenté par deux clientèles distinctes : les malades et les touristes. L'établissement thermal a été conçu pour les uns et pour les autres. Le convalescent trouvera dans les environs de nombreux buts de promenade : forêt de Chaïba, marabout de Sidi Lella Allia, de Sidi Lakdar, de Sidi Abd el Kader, lieux de pèlerinage vénérés des indigènes. Hamмам R'hira peut encore être choisi comme centre d'excursions plus importantes : Vesoul-Benian, Margueritte, Tipaza, Cherchell, Le Zaccar, Blida, les gorges de la Chiffa, etc...

La forêt de Chaïba, où l'on rencontre le sanglier, le renard, le chat sauvage, le chacal, et les environs d'Hammam R'hira, où se trouvent le lièvre, la perdrix, la caille, la grive permettront aux chasseurs de se livrer à leur sport favori.

Le Grand Hôtel possède un orchestre, un tennis, des salles de jeux (boule et baccara). Des fêtes sont données le samedi et le dimanche, au Casino, situé à une centaine de mètres au Nord du Grand Hôtel. Ceux qui le désirent peuvent donc se distraire sans troubler le repos des malades.

DEUXIÈME PARTIE

Origine et étude physico-chimique des eaux d'Hammam R'hira

Les eaux minérales d'Hammam R'Hira peuvent être divisées en deux groupes :

a) Les sources thermales qui jaillissent à différents niveaux de la station.

b) Les sources froides, au nombre de deux, situées au village d'Hammam R'hira, à deux kilomètres des précédentes.

Ce sont des eaux sulfatées calciques, accessoirement chlorurées et bicarbonatées. Certaines d'entre elles contiennent en outre du fer. Le nombre des griffons est d'une vingtaine. Il est difficile de donner un chiffre exact : les plans du génie indiquent en effet 20 sources classées, mais des travaux de captage ultérieurs ont amené le tarissement de plusieurs d'entre elles. D'autre part, un captage insuf-

fisant, près de l'Hôtel Bellevue, a provoqué une résurgence quelques dizaines de mètres plus loin. Enfin un niveau d'eau thermique est apparu chaque fois qu'on a atteint par forage les marnes sur lesquelles repose le travertin déposé par les eaux.

On ne peut donc douter que les eaux aient une commune origine. Nous verrons plus loin que les analyses chimiques viennent confirmer cette hypothèse des géologues.

Nous nous sommes rendu à Hammam R'hira à deux reprises : au mois de juin et au mois de novembre 1928.

Notre étude comprendra :

Ch. 1. — Prélèvements et mesures exécutés sur place.

Ch. II. — Déterminations faites au laboratoire d'hydrologie de la Faculté de médecine et de pharmacie d'Alger.

Ch. III. — Analyses chimiques antérieures.

Ch. IV. — Origine des eaux d'Hammam R'hira.



CHAPITRE PREMIER

Prélèvements et mesures exécutés sur place

1° Prélèvements

Les numéros qui désignent les sources sont ceux du plan de l'établissement thermal. Pour éviter des erreurs, nous indiquons les synonymies.

Tous les prélèvements ont été faits au griffon, dans des bouteilles Perrier, soigneusement lavées à l'établissement et remplies après avoir été rincées à la source même avec l'eau qu'elles devaient contenir. Ces bouteilles, bouchées avec des bouchons neufs et ficelées, ont été expédiées aussitôt au laboratoire.

2° Mesures

Les déterminations suivantes ont été faites sur place :

a) Températures

Les températures ont été prises à deux époques différentes : en juin et en novembre 1928. On s'est servi chaque fois du même thermomètre à maxima à bulle d'air. La position du zéro avait été vérifié.

Juin. 1928. Nov. 1928.

	—	—
Source n° 5 — Romaine n° 1.....	65°	64°
Source 5 <i>bis</i> , » 2.....	68°	68°
Source A.....	33°	31°
Source n° 3.....	41°	41°2
Source n° 7.....	43°	44°5
Source du Grand Hôtel.....	48°	52°6
Source n° 2 (Casino).....	»	33°
Source n° 8.....	41°	»
Source n° 9 (dans un champ, en contre- bas du tennis).....	49°	48°2
Source n° 19.....	»	44°5
Source n° 1 et 1 <i>bis</i>	44°	45°
Source B.....	34°	33°
Source n° 10 (Dite de Vichy, Aïn Tolba, ou Arlès Dufour ou Rotureau).....	37°5	39°5
Source de l'hôpital militaire, piscine des officiers n° 2.....	41°	»
n° 2 <i>bis</i>	42°	»
<i>Id.</i> Soldats.....	42°8	»
Source n° 12 (ferme Pujo).....	»	30°

On voit que la plupart des sources présentent des écarts assez considérables. Ce fait a déjà frappé les premiers auteurs qui ont écrit sur la station : il est mentionné dans les travaux de Bezançon (1866) et de Renard (1880). La température est généralement plus élevée à la fin de l'été, plus basse à la fin de la saison froide. C'est la confirmation de ce que nous écrivions précédemment sur l'origine commune des sources. On conçoit en effet que l'échauffement des couches superficielles à la fin de l'été provoque une élévation de température, tandis qu'en hiver, le mélange avec

les eaux sauvages superficielles, se traduit par un abaissement de la thermalité.

A l'établissement thermal, les variations de débit de la source du Grand Hôtel provoquent chaque hiver des inondations. Un captage profond en maçonnerie mettrait fin à de telles irrégularités.

Contrairement à une opinion émise, nous ne pensons pas que la thermalité des sources ait diminué depuis cinquante ans. Il est plus probable que les chiffres publiés autrefois avaient été donnés par des instruments non contrôlés et d'une insuffisante précision.

b) Radioactivité

Notre étude a porté sur la recherche et le dosage du radon dans les eaux des différentes sources. Nous nous sommes servi de l'électroscope à émanation de MM. Chêneveau et Laborde. Cet appareil est ainsi constitué : sur un cylindre métallique étanche de trois litres de capacité, destiné à recevoir l'émanation et muni de deux robinets permettant l'introduction ou l'extraction des gaz, est disposé un électroscope à feuille d'aluminium.

Cet électroscope est constitué par une cage métallique cylindrique limitée par deux glaces de verre à faces parallèles. La feuille d'aluminium est isolée électriquement par un morceau d'ambroïde, lequel est traversé par une tige de laiton qui met en communication la feuille d'aluminium d'une part, avec d'autre part une tige de déperdition disposée suivant l'axe du cylindre à émanation.

On charge l'électroscope de l'extérieur au moyen d'un bâton d'ébonite électrisé par frottement, grâce à une tige métallique mobile isolée des parois de l'électroscope. Cette tige est mise en contact avec la feuille d'aluminium pour le court instant que dure l'action de charger.

Les mouvements de la feuille d'aluminium sont observés à l'aide d'un microscope à oculaire micrométrique.

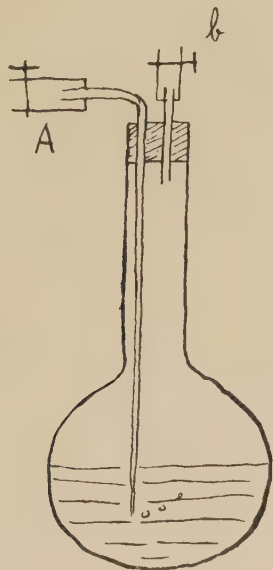
Quand le cylindre contient de l'émanation, l'appareil se décharge sous l'effet de l'ionisation de l'air soumis aux rayonnements radioactifs.

L'appareil a été étalonné en juillet 1928 au laboratoire de M. Moureu, au Collège de France, avec le concours de MM. Lepape et Geslin à qui nous adressons tous nos remerciements. Au moyen d'un disque d'oxyde noir d'uranium (U^3O_8) de 6 centimètres de diamètre, correspondant à 22 millimicrocuries d'émanation de radium, nous avons étalonné un disque personnel, lequel s'est trouvé correspondre à 0,97 de l'étalon du laboratoire, soit 21,34 millimicrocuries, après plusieurs vérifications comprenant chacune de nombreuses mesures. Nous rappelons que le *curie* est la quantité d'émanation en équilibre avec un gramme de radium élément et que le millimicrocurie vaut 10^{-9} curie.

Pour nos mesures, nous avons utilisé la méthode décrite par MM. Moureu et Lepape (Annales des Mines, mai 1909). L'émanation est totalement dégagée de l'eau, avec les gaz dissous, par ébullition, et entraînée par un courant d'air dans le cylindre de l'électroscope. Pour le prélèvement, on a utilisé la technique de MM. Lepape et Geslin. (Voir *Annales de l'Institut d'hydrologie et de climatologie*, t. III, n° 5, 1925).

Prélèvement : On prend un ballon de 2 litres environ, fermé par un bouchon de caoutchouc portant deux tubes de verre terminés par des tubes de caoutchouc à parois épaisses, eux-mêmes obturés par des pinces à vis. L'un des tubes de verre, plus gros, est coupé à la base du bouchon. L'autre se termine en pointe effilée à la partie inférieure du ballon. Ce ballon, dans lequel on a placé quelques pastilles de KOH destinées à absorber CO^2 et fait un vide de 2 ou 3

cm. de Hg environ est relié à un long tube de verre par le tube *b*. Le tube de verre est plongé dans l'eau du griffon, à une profondeur suffisante et de façon à éviter l'introduction des gaz spontanés s'il s'en dégage. Ces dégagements gazeux étant nuls à Hammam R'hira, sauf pour deux sour-



ces, nous n'avons pas eu à redouter l'introduction dans le ballon d'un mélange d'eau et de gaz qui aurait faussé les résultats. En desserrant la pince l'eau entre par aspiration dans le ballon, qu'on remplit aux trois quarts environ.

Le ballon taré au préalable était pesé et porté aussitôt à l'ébullition. La source de chaleur utilisée était un réchaud à pétrole radius, qui nous a donné entière satisfaction.

Le dispositif expérimental était le suivant : Le ballon contenant l'eau à analyser était mis en relation avec un

réfrigérant ascendant, suivi d'un flacon de garde, puis d'un tube desséchant à P_2O_5 , d'une cloche surmontée d'un robinet à 3 voies et reposant sur une cuve à mercure, d'un nouveau tube à P_2O_5 et de l'appareil de mesure dans lequel on avait fait un vide de 2 cm. de Hg environ.

Quand l'eau arrivait à une température voisine de l'ébullition on recueillait les gaz dans la cloche, sur le mercure, puis, par une manœuvre du robinet à 3 voies, on introduisait lentement les gaz dans le condensateur où ils étaient aspirés ; puis, en desserrant la pince A, on faisait passer un courant d'air qui achevait de balayer la totalité de l'émanation durant les quelques minutes que durait l'ébullition. Cet air était aspiré à son tour dans le cylindre condensateur, jusqu'à ce que l'atmosphère du cylindre fût ramenée à la pression extérieure.

La durée d'introduction de l'émanation était d'environ 10 à 15 minutes. On notait le début et la fin de l'introduction et mesurait immédiatement au moyen d'un chronomètre donnant le dixième de seconde la vitesse de chute de la feuille d'aluminium. Cette vitesse est proportionnelle à l'intensité du courant d'ionisation. Les mesures étaient faites toutes les dix minutes environ pendant 4 heures. La vitesse de chute croissait durant les 3 premières heures pour devenir à peu près constante entre la 3^e et la 4^e heure. De plus, pour une source, nous avons pu constater que la diminution d'activité de l'eau en vase clos était de moitié environ en 4 jours. Ces faits sont caractéristiques de l'émanation du radium.

On a pris pour exprimer la radioactivité les chiffres maxima des vitesses de chute de la feuille d'aluminium donnés entre la 3^e et la 4^e heure après l'introduction de l'émanation dans l'appareil, et qui correspondent à l'intensité maxima du courant d'ionisation. On a étalonné les

appareils à l'arrivée, au cours des mesures et après les mesures. On a obtenu des résultats constants.

Au cours des lectures, on s'est mis en garde spécialement contre les causes d'erreurs suivantes :

1° Il importe que le microscope soit bien réglé : la division 100 du micromètre doit être située au centre de la croix gravée sur la lame de verre de la cage de l'électroscope.

2° Durant les mesures, il importe de ne pas modifier la capacité de l'appareil.

3° La feuille d'aluminium ne doit pas porter de pli. Elle ne doit pas faire de saut dans le champ du microscope. Ses bords doivent être bien nets.

Pour le calcul, après avoir noté l'époque d'introduction de l'émanation, on prend la vitesse de chute de la feuille d'aluminium (moyenne de plusieurs mesures) 3 à 4 heures après l'introduction du gaz dans le cylindre.

Au nombre ainsi obtenu, on apporte les corrections suivantes :

1° On retranche de la vitesse brute la « fuite spontanée » ou vitesse de chute de la feuille dans l'appareil lorsqu'il est rempli de l'air du lieu où on fait les déterminations. Cette fuite spontanée a été mesurée préalablement.

2° Il faut tenir compte de la pression, lorsque la pression atmosphérique est inférieure à 720 millimètres de mercure.

3° Lorsque le mélange gazeux contient de l'anhydride carbonique, on apporte une correction relative à la nature de ce mélange (A. LEPAPE *CR. Ac. sc. t. 176*, p. 1613-1923) L'anhydride carbonique ayant été absorbé par la potasse, nous n'avons pas à faire cette correction pour les eaux d'Hamмам R'hira.

4° On tient compte de la destruction spontanée du radon entre l'époque du prélèvement et l'heure de son

introduction dans l'appareil de mesure. Pierre Curie a établi en effet que l'émanation du radium se détruit, spontanément et graduellement, suivant la loi exponentielle :

$$(1) \quad x't = x'_o \cdot e^{-\lambda t}.$$

$x't$ = quantité d'émanation à l'instant t (quantité mesurée).

x'_o = quantité initiale.

λ = coefficient appelé constante de temps.

Si l'on dérive la formule (1) il vient :

$$(2) \quad \frac{dx't}{dt} = \lambda x'_o e^{-\lambda t} = -\lambda x't$$

et l'on voit que λ est la quantité actuelle de l'émanation qui se détruit pendant l'unité de temps. λ varie donc avec l'unité de temps. Pour t exprimé en heures, on a :

$$\lambda = 7,23 \times 10^{-3}$$

Comme nous voulons calculer la radioactivité à l'émergence, faisons :

(3) $\log x't = \log x'_o - \lambda t \log e$ qu'on peut écrire également

$$\log \frac{x'_o}{x't} = \lambda t \log e$$

Si $\lambda = 7,23 \times 10^{-3}$ (t est exprimé en heures) comme $\log e = 0,434$, il vient :

$$\log \left(\frac{x'_o}{x't} \right) = 3.140 \cdot 10^{-3} t$$

ou, en repassant des logarithmes aux nombres :

$$x'_o = x't \times \text{nb} \log (3140 \times 10^{-3} t) = x't \times \alpha$$

α est donc le nombre dont le logarithme a pour valeur 3140×10^{-3} , t étant le nombre d'heures séparant l'époque du prélèvement de l'eau de l'époque de l'introduction de l'émanation extrait dans l'appareil de mesure.

On calculera pour certaines sources dont le débit est connu l'*hororadioactivité*, qui est la quantité de radon contenue dans la masse d'eau produite pendant une heure, et la *puissance radioactive* qui est la masse de radium susceptible de produire pendant le même temps, la même quantité d'émanation que la source. « Il existe une relation numérique très simple entre l'hororadioactivité et la puissance radioactive. On sait que 1 mgr de radium engendre, en une heure, 7.500 millimicrocuries d'émanation. Dès lors, une source dont le débit (en eau par exemple) est D litres par heure et dont la radioactivité est R (millimicrocuries par litre) possède une hororadioactivité H, égale à :

$$H. = D \times R \text{ millimicrocuries ;}$$

et elle est équivalente à une masse de radium P égale à :

$$P = \frac{H}{7.500} = \frac{D \times R}{7.500} \text{ milligrammes Ra.}$$

La grandeur P est la puissance radioactive. Pour éviter d'avoir des nombres trop grands, nous noterons l'hororadioactivité en microcuries (milliers de millimicrocuries) et la puissance radioactive, en milligrammes de radium. » (A. LEPAPE : Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises, *Ann. de l'Inst. d'hydrol. et de Climat.*, t. II, n° 1, 1924.)

En résumé si :

f = fuite spontanée (en divisions par secondes)

v-f = vitesse due au radon présent dans l'eau.

V-f = vitesse provoquée par 21,34 millimicrocuries.

Θ = température H = pression

$\text{Vol} \frac{\Theta}{H}$ = volume ou poids de l'eau utilisée pour l'expérience

α = coefficient de destruction.

β = correction due à la pression

On a :

$$\begin{aligned} \text{Em. Ra} &= 21.34 \frac{v-f}{V-f} \frac{1}{\text{Vol } \frac{\Theta}{H}} \frac{1}{\alpha} \frac{1}{\beta} = \\ \text{Log. 21,34} &= 1.32919 \quad \log V-f = \\ \text{Log } v-f &= \quad \log \text{vol. } \frac{\Theta}{H} = \\ &\quad \frac{A}{-B} \quad \log \alpha = \\ &\quad \quad \log \beta = \frac{\quad}{B} \end{aligned}$$

Log. Em. — Ra.

Nous donnons ci-dessous les conditions et les résultats de nos expériences :

Source du Grand-Hôtel (Eau)

Lieu du prélèvement : ...à environ 10 mètres du griffon inaccessible, dans la cour de l'Hôtel, au premier regard de la conduite allant aux piscines.

Température de l'eau au lieu du prélèvement :...	52°6
Epoque du prélèvement	11 nov. 8 h. 35
Débit de l'eau (en litres par minutes).....	58.74
Poids d'eau utilisé.....	1310 gr.
Pression atmosphérique (en mm. Hg.).....	716
Epoque d'introduction dans l'appareil....	11 nov. 9 h. 15
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V. (Nombre de divisions par seconde)....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. sec.).....	1.824
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.996
Correction due à la pression	0.992

<i>Radon</i> (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence).....	2.28
Puissance radioactive (en mgr Ra)	1.07
Hororadioactivité (en microcuries).....	8.03

Source dite de Vichy (Aïn-Tolba)

Lieu du prélèvement : sortie du tuyau de captage (à environ 1 mètre du griffon)

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	39°5
Débit de l'eau (en litres par minute).....	75
Epoque du prélèvement	10 novembre 1928 14 h. 35
Poids d'eau utilisé	1500 gr.
Pression atmosphérique (en mm. de mercure)....	717
Epoque d'introduction dans l'appareil 10 novembre 15 h. 08	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V (Nombre de divisions par seconde)....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (Division sec)	0.07
Correction due à l'âge de l'eau (33 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre, à l'émergence).	0.057
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.034
Hororadioactivité (en microcuries)	0.256

Sources 1 et 1 bis - Bellevue

Lieu du prélèvement Bassin commun de captage.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	45°
Débit de l'eau (en litres par minute)	130
Epoque du prélèvement	10 novembre 16 h. 15
Poids d'eau utilisé	1403 gr.
Pression atmosphérique (en mm.).....	717
Époque d'introduction dans l'appareil 10 novembre 16 h. 50	

Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.003
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.17
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde).....	0.188
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence).....	0.685
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.712
Hororadioactivité (en microcuries).....	5.343

Source n° 3 du plan de l'Établissement

Lieu du prélèvement.....	Au griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	41°2
Débit de l'eau (en litres par minute).....	15.60
Epoque du prélèvement.....	12 novembre 15 h.
Poids d'eau utilisé	1410 gr.
Pression atmosphérique (en mm.).....	723
Époque d'introduction dans l'appareil: 12 novembre 15 h. 55	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions par seconde)	0.021
Correction due à l'âge de l'eau (55 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émer- gence).....	0.004
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.0005
Hororadioactivité (en microcuries)	0.003

Source n° 5 bis - Romaine n° 2

Lieu du prélèvement	Au griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	68°

Débit de l'eau (en litres par minute)	99.30
Époque du prélèvement	12 novembre 15 h. 15
Poids d'eau utilisé	1630 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	723
Époque d'introduction dans l'appareil	12 novembre 16 h. 30
Fuite spontanée (en divisions par seconde)	0.003
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.17
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions par seconde)	0.041
Correction due à l'âge de l'eau (1 heure 15 min.) .	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émer- gence)	0.12
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.095
Hororadioactivité (en microcuries)	0.714

Source n° 5 - Romaine n° 1

Lieu de prélèvement	Au Griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	64°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	10.33
Époque du prélèvement	13 novembre 1928, 7 h.30
Poids d'eau utilisé	1368 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	722
Époque d'introduction dans l'appareil	13 novembre, 8 h. 30
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V (nombre de divisions par seconde)	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde)	0.06
Correction due à l'âge de l'eau (1 heure)	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.06

Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.005
Hororadioactivité (en microcuries)	0.037

Source n° 19

Lieu du prélèvement : Au coin de la vigne. A environ 40 m.
du Griffon.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	44°5
Débit de l'eau (en litres par minute).....	84
Époque du prélèvement... 13 novembre 1928, 14 h. 40	
Poids d'eau utilisé	1335
Pression atmosphérique (en mm.)	722
Époque d'introduction dans l'appareil 13 novembre, 15 h.20	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions par seconde)	0.72
Correction due à l'âge de l'eau (40 minutes)	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre à l'émer- gence)	0.85
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.571
Hororadioactivité (en microcuries).....	4.284

Source n° 7

Lieu du prélèvement : Au regard de distribution aux éta-
blissements civils et militaires, à environ 10 m. du griffon
cimenté, au fond de la piscine romaine.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	44°5
Débit de l'eau (en litres par minute)	84.5
Époque du prélèvement	14 novembre, 8 h.45
Poids d'eau utilisé	1.800 gr.
Pression atmosphérique (en mm. de mercure).....	722

Époque d'introduction dans l'appareil : 14 novembre, 9 h. 10	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.017
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde)	2.860
Correction due à l'âge de l'eau (25 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence).....	2.56
Puissance Radioactive (en mgr Ra).....	1.73
Hororadioactivité (en microcuries)	12.979

Source n° 7 bis

Lieu du prélèvement : Dans le bassin de captage
à environ 1 m. 50 de profondeur.

Température de l'eau au lieu du prélèvement.....	—
Débit de l'eau (en litres par minute)	
Époque du prélèvement.....	14 Novembre, 14 h. 35
Poids d'eau utilisé	1412 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	719
Époque d'introduction dans l'appareil: 14 novembre, 15 h.05	
Fuite spontanée (en divisions par seconde)	0.017
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde)	0.759
Correction due à l'âge de l'eau (30 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émer- gence).....	0.416
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	—
Hororadioactivité (en microcuries)	—

Source de l'Hôpital militaire n° 1

Cette source est située à l'angle N. O. de la piscine supérieure et n'alimente que cette piscine.

Lieu du prélèvement	Au Griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	41°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	10.5
Époque du prélèvement.....	15 novembre, 8 h. 45
Poids d'eau utilisé	1475 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	722
Époque d'introduction dans l'appareil	15 novembre, 9 h. 25
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.004
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.944
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde).....	0.165
Correction due à l'âge de l'eau (40 minutes).....	0.992
Correction due à la pression.....	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence).....	0.489
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.041
Hororadioactivité (en microcuries).....	0.308

Source de l'Hôpital militaire n° 2

Cette source, voisine de la précédente, alimente les deux premières piscines.

Lieu du prélèvement.....	au Griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	42°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	97.5
Époque du prélèvement.....	15 novembre 10 h. 55
Poids d'eau utilisé.....	1520 gr
Pression atmosphérique (en mm.).....	722
Époque d'introduction dans l'appareil	15 novembre 11 h. 25

Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.015
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde).....	0.556
Correction due à l'âge de l'eau (30 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence).....	0.576
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.449
Hororadioactivité (en microcuries).....	3.369

Source de l'Hôpital militaire n° 3

Cette source jaillit au fond de la troisième piscine (piscine des soldats).

Lieu du prélèvement.....	au Griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	42°8
Débit de l'eau (en litres par minute)	40
Époque du prélèvement.....	15 novembre, 14 h.
Poids d'eau utilisé	1715 gr.
Pression atmosphérique (en mm.).....	722
Époque d'introduction dans l'appareil 15 nov. 14 h.	35
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.004
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.944
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions : seconde)	0.211
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence).....	0.527
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.168
Hororadioactivité (en microcuries)	1.264

Source n° 8

Elle se trouve à environ 80 m. au-dessous des sources 7 et 7 bis, à côté d'un palmier, entre deux chemins conduisant, l'un à la ferme, l'autre à la forêt de Chaïba.

Lieu du prélèvement : Au premier regard, à 5 ou 6 m. du Griffon.

Température de l'eau au lieu du prélèvement.....	41°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	60
Époque du prélèvement	15 novembre, 16 heures
Poids d'eau utilisé	1570 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	722
Époque d'introduction dans l'appareil 15 novembre, 16 h. 30	
Fuite spontanée (en divisions par seconde)	0.015
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. seconde)	0.612
Correction due à l'âge de l'eau (30 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.628
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.30
Hororadioactivité (en mérocuries)	2 25

Source n° 9

Lieu du prélèvement	Au Griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement.....	48°2
Débit de l'eau (en litres par seconde).....	40
Epoque du prélèvement	17 novembre, 9 h. 55.
Poids d'eau utilisé	1662 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	720
Époque d'introduction dans l'appareil : 17 nov., 11 h. 20	

Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.006
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. seconde)	2.767
Correction due à l'âge du gaz (1 heure 15 m.).....	0,990
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	2.704
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.865
Hororadioactivité (en microcuries)	6.489

Source n° 12

Lieu du prélèvement : A la sortie de la canalisation, à 6 m.
de l'abreuvoir.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	30°
Débit de l'eau (en litres par minute)	—
Époque du prélèvement.....	17 novembre, 15 h. 15
Poids d'eau utilisé	1490
Pression atmosphérique (en mm.)	720
Époque d'introduction dans l'appareil : 17 nov. 15 h. 30	
Fuite spontanée (en divisions par seconde)	0.006
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (divisions seconde)	0.126
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.130
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	—
Hororadioactivité (en microcuries)	—

Source A

Lieu du prélèvement : Conduite à 10 m. du bassin de refroidissement.

Température de l'eau au lieu du prélèvement.....	31°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	6.48
Époque du prélèvement.....	19 novembre, 10 h. 05
Poids d'eau utilisé	1590 gr.
Pression atmosphérique (en mm.).....	725
Époque d'introduction dans l'appareil : 19 nov. 10 h. 30	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.004
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.94
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. secondes)	0.028
Correction due à l'âge de l'eau (25 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émer- gence)	0,07
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.003
Hororadioactivité (en microcuries)	0.027

Source n° 2

(Salle du Moteur — Sous le Casino)

Lieu du prélèvement : Bassin de captage à 1 m. 50 de profondeur.

Température de l'eau du lieu du prélèvement....	33°
Débit de l'eau (en litres par minute)	37
Époque du prélèvement.....	20 novembre, 8 h. 50
Poids d'eau utilisé	1635 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	725
Époque d'introduction dans l'appareil : 20 nov., 9 h. 25	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.007

Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. seconde)	0.210
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.208
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.06
Hororadioactivité (en microcuries)	0.45

Source B

(Près Bellevue, chemin à l'Est)

Lieu du prélèvement	Au griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	33°
Débit de l'eau (en litres par minute).....	—
Époque du prélèvement.....	17 novembre, 11 h. 55
Poids d'eau utilisé	1664
Pression atmosphérique (en mm.).....	720
Époque d'introduction dans l'appareil : 17 nov. 12 h. 20	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.004
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.94
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau, (div. seconde)	0.277
Correction due à l'âge de l'eau.....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.72

Source du Pavillon (village)

Lieu du prélèvement	Au griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	19°5
Débit de l'eau (en litres par minute).....	3
Époque du prélèvement	16 novembre, 9 h. 05

Poids d'eau utilisé	1620 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	721
Époque d'introduction dans l'appareil .16 nov., 10 h.	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.005
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.94
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. seconde)	0.471
Correction due à l'âge de l'eau (55 minutes).....	0.990
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	1.26
Puissance radioactive (en mgr Ra).....	0.03
Hororadioactivité (en microcuries)	0.226

Source Marcel Allan (village)

Lieu du prélèvement : A la pompe, après écoulement des premiers litres.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	19°5
Débit de l'eau (en litres par minute).....	3.5
Époque du prélèvement.....	12 novembre, 8 h. 35
Poids d'eau utilisé	1370 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	723
Époque d'introduction dans l'appareil : 12 nov., 9 h. 55	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.003
Vitesse V (nombre de divisions par seconde)	4.17
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. sec.)	0.045
Correction due à l'âge de l'eau (1 h. 20 m.).....	0.990
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à, l'émer- gence)	0.17
Puissance radioactive (en mgr Ra)	0.004
Hororadioactivité (en microcuries)	0.035

Eau de la première piscine du Grand-Hôtel (à gauche)

Lieu du prélèvement : A l'endroit où la canalisation (Source du Grand-Hôtel) débouche dans la piscine.

Température de l'eau au lieu du prélèvement....	41°5
Époque du prélèvement	10 novembre, 9 h. 40
Poids d'eau utilisé	1502 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	716
Époque d'introduction dans l'appareil : 10 nov. ,10 h. 10	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.003
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	4.17
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. sec.)	0.119
Correction due à l'âge de l'eau (30 minutes).....	0.995
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.40
Puissance radioactive (en mgr Ra)	—
Hororadioactivité (en microcuries)	—

Les deux sources suivantes, bien que d'origine superficielle — elles jaillissent dans les marnes sénoniennes — nous ont paru devoir néanmoins retenir notre attention, en raison de leur proximité des sources thermales.

Puits des Eucalyptus

Il est situé à environ 500 mètres au Nord de la source romaine à 68°.

Lieu du prélèvement	Puits
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	16°
Époque du prélèvement	16 novembre, 7 h. 40
Poids d'eau utilisé	1620 gr

Pression atmosphérique (en mm.)	721
Époque d'introduction dans l'appareil : 16 nov., 8 h. 30	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.015
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. sec.)	0.476
Correction due à l'âge de l'eau (50 minutes)	0.990
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émer- gence)	0.478

Source Montaner

Lieu du prélèvement	Au griffon
Température de l'eau au lieu du prélèvement....	16°
Époque du prélèvement	19 novembre, 8 h. 35
Poids d'eau utilisé	1620 gr.
Pression atmosphérique (en mm.)	725
Époque d'introduction dans l'appareil : 19 nov., 9 h. 10	
Fuite spontanée (en divisions par seconde).....	0.023
Vitesse V (nombre de divisions par seconde).....	13.31
Vitesse maxima due au radon présent dans l'eau (div. sec.)	0.027
Correction due à l'âge de l'eau (35 minutes).....	0.992
Correction due à la pression	0.995
Radon (en millimicrocuries par litre d'eau, à l'émer- gence)	0.004

La radioactivité de plusieurs des sources d'Hamмам R'hira a été mesurée, pour la première fois, par MM. Pouget et Chouchak, en 1923. (*Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, t. 14, p. 265, juin 1923).

Ces auteurs avaient utilisé la méthode de Boltwood (*Phil. Mag.* tome 9, 1905). Nous donnons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus au cours des expériences de 1923 et de 1928.

La source n° 8 *bis* qui alimente l'hôpital militaire correspond au n° 7 de notre nomenclature.

SOURCES	TEMPÉRATURE		RADON (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence)	
	1923	1928	1923	1928
Bellevue	46°	45°	0.67	0.68
Romaine n° 1	64°	64°	0.06	0.06
— n° 2	66°	68°	0.09	0.12
N° 8	41°3	41°	1.11	0.63
N° 7 (8 bis)	46°3	44°5	1.06	2.56
N° 9	48°2	48°2	1.62	2.70
N° 2 (Hôpital milit.)	43°1	42°	0.39	0.57
N° 10 (Vichy)	41°	39°5	0.02	0.05
Pavillon (Etat)	19°8	19°5	0.04	1.26
Marcel Allan	19°8	19°5	0.07	0.17
Grand Hôtel	50°5	52°6	0.60	2.28

SOURCES	TEMPÉRATURE	RADON (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence)
	1928	1928
N° 2 (du casino).....	33°	0.208
N° 3 (plan de l'étab.)	41°2	0.004 ?
A (—)	31°	0.07
B (près Bellevue).	33°	0.72
N° 12	30°	0.13
Hôpital milit. n° 1 ...	41°	0.489
Hôpital milit. n° 3 ...	42°8	0.527
N° 7 <i>bis</i>	»	0.416
N° 19 n.	44°5	0.85
Montaner	16°	0.004 ?
Des Eucalyptus	16°	0.478

Les sources les plus radioactives sont les sources n° 7 et n° 9 et celle du Grand-Hôtel qui se sont enrichies en émanation, tandis que la source n° 8, voisine, a vu sa radioactivité diminuer de moitié.

La source du Pavillon présente une radioactivité qui paraît anormale. On a cependant opéré dans des conditions rigoureuses d'exactitude. Un prélèvement antérieur de 4 jours à celui dont nous indiquons les résultats, mais dont nous n'avons pas tenu compte en raison de plusieurs irrégularités, donnait un chiffre de 0,23 millimicrocuries par litre d'eau.

La source Montaner, bien que très voisine des sources thermales, n'est pas radioactive. Celle des Eucalyptus, qui sort de la même formation géologique, l'est faiblement. Mais la source Montaner est d'origine superficielle (eaux collectées uniquement dans les marnes sénoniennes), tandis que les eaux qui alimentent le puits des eucalyptus ont sans doute filtré à travers les argiles helvétiques, qui elles-mêmes proviennent par ruissellement du massif des Zaccars. On trouve, en effet, dans ces argiles des fragments de roches anciennes qui attestent leur origine. Il est probable que la lixiviation de telles roches charge les eaux d'émanation.

CHAPITRE II

Déterminations faites au laboratoire

I. — Résistivité

On sait que les électrolytes dissous dans l'eau la rendent conductrice de l'électricité. On admet (hypothèse de Swante Arrhenius) que les molécules dissoutes sont en partie dissociées en ions et que les ions seuls transportent des charges électriques.

A température fixe, la conductibilité électrique d'une solution dépend du nombre d'ions qu'elle renferme et cette conductibilité est directement proportionnelle à la quantité d'ions qu'elle contient.

La mesure de la conductibilité électrique, ou mieux de son inverse, la résistivité électrique, renseigne donc sur l'état de dissociation des molécules présentes dans une eau minérale.

Nous avons fait des mesures de résistivité sur les échantillons d'eau prélevés à la source, environ un mois après l'embouteillage.

Notre appareil de mesure était celui qu'a fait construire M. le Professeur Chassevant et qui est décrit dans son livre « Hydrologie élémentaire à l'usage des médecins. » La cuve

de mesures avait 10 cm. de long et 2 cm. de diamètre. Ces dimensions ont été choisies en vue de simplifier les calculs. Les électrodes étaient en platine platiné.

Nous avons étalonné cet appareil au moyen d'une solution de chlorure de potassium pur fondu à 0 gr. 50 pour 1.000, solution dont la résistivité à 18° est de 1180 ohms.

Nos mesures avec une telle solution nous ont donné une résistivité de 1184 ohms à 18°.

Le tableau ci-dessous indique les résultats des mesures effectuées sur les eaux d'Hamмам R'hira.

SOURCES	RÉSISTIVITÉ A 18° (en ohms)	CONDUCTIBILITÉ $\frac{1}{\omega}$
Vichy (Aïn Tolba)	420	$2,37 \times 10^{-3}$
N° 2 (du Casino)	398	$2,51 \times 10^{-3}$
Bellevue	395	$2,53 \times 10^{-3}$
N° 7	396	$2,52 \times 10^{-3}$
N° 8	398	$2,51 \times 10^{-3}$
N° 9	395	$2,53 \times 10^{-3}$
Source A	376	$2,66 \times 10^{-3}$
Piscines militaires	370	$2,70 \times 10^{-3}$
Grand-Hôtel	376	$2,66 \times 10^{-3}$
Romaine n° 1	385	$2,59 \times 10^{-3}$
Romaine n°2	383	$2,61 \times 10^{-3}$
N° 3	395	$2,53 \times 10^{-3}$
N° 19	393	$2,54 \times 10^{-3}$
Pavillon	321	$3,11 \times 10^{-3}$

On voit qu'au point de vue de l'ionisation, les eaux d'Hamмам R'hira présentent des différences peu accentuées. Il faut toutefois faire exception pour la source de Vichy, qui se signale par sa résistivité élevée et pour la source du Pavillon que ses origines et sa minéralisation éloignent de toutes les autres.

II. — Indice de réfraction

Cet indice varie suivant la composition des eaux minérales. Il peut donc donner des renseignements précieux sur les variations que peuvent subir ces dernières.

Nous nous sommes servi du réfractomètre à immersion de Zeiss. Dans cet appareil, on observe, à l'aide d'une lunette, la limite de la réflexion totale au sein du liquide à examiner : il suffit de plonger dans ce liquide le prisme situé à la partie inférieure du réfractomètre. L'eau minérale est placée dans un petit vase qui baigne lui-même dans une grande cuve d'eau dont la température est maintenue constante à 17°5. La lumière arrive de bas en haut, grâce à un miroir disposé de telle sorte que les rayons réfléchis soient parallèles à la surface extérieure du prisme.

Dans la lunette, on voit une partie claire et une partie obscure. La limite, ou limite de réflexion totale, est située sur une graduation placée à l'intérieur de la lunette. Une table permet de transformer les degrés de l'échelle du réfractomètre en indices de réfraction.

Nous avons vérifié notre appareil à l'aide d'eau distillée. Avec ce liquide, à 17°5, la limite obscure était placée sur la division 15 du réfractomètre.

Indices de réfraction
(mesurés à la température de 17°5)

	CHIFFRES DU RÉFRACTOMÈTRE DE ZEISS	INDICES DE RÉFRACTION N _D
Eau distillée	15	1,333 200
Source dite de Vichy (Aïn Tolba)	15,9	1,333 551
N° 2 (du casino)	16	1,333 580
Bellevue.....	16	1,333 580

	CHIFFRES DU RÉFRACTOMÈTRE DE ZEISS	INDICES DE RÉFRACTION N _D
N° 3	15,9	1,333 551
Source A	16,3	1,333 694
N° 7	16,1	1,333 619
N° 8	16,2	1,333 658
N° 9	16,1	1,333 619
Grand - Hôtel	16,1	1,333 619
Romaine N° 1	16,2	1,333 658
Romaine N° 2	16,1	1,333 619
N° 19	16	1,333 580
Pavillon	16,2	1,333 658
Mantaner	16	1,333 619
Eucalyptus	15,7	1,333 466

III. — Tension superficielle

La surface libre d'un liquide peut être assimilée à une membrane élastique uniformément tendue (expériences de Pasteur, de Dupré, de Plateau, formation d'une goutte d'eau, etc...).

Supposons que ce liquide n'est plus maintenu par une paroi. Pour maintenir sa surface en équilibre, il faudra une force F proportionnelle à la longueur L de l'élément sur lequel elle s'exerce, c'est-à-dire que si la paroi fait défaut sur un centimètre, il faudra une force F' ; si elle manque sur deux centimètres il faudra une force $2 F'$, etc... pour empêcher le liquide de s'écouler.

Au quotient $T = \frac{F}{L}$, on a donné le nom de tension superficielle, c'est donc la force qu'il faut employer par unité de longueur pour maintenir une portion déterminée de la membrane.

La cause de la tension superficielle doit être recherchée dans les attractions intermoléculaires. On considère en effet que les molécules sont disposées à la surface d'un liquide à la manière d'un réseau plan dont elles occuperaient les nœuds.

Il est dès lors facile de comprendre que la tension superficielle peut-être mesurée par la méthode d'arrachement d'un anneau que nous décrivons ci-dessous.

Tensiomètre de Lecomte de Noüy

(V. *Journal de physique et le radium*, t. VI, série VI, 1925.

Id. La Nature, t. I, 1920)

Cet appareil se compose d'un anneau de platine calibré par une méthode optique, suspendu à l'extrémité d'un levier léger. Après avoir fait adhérer l'anneau au liquide, on utilise la torsion d'un fil pour soulever l'anneau et contrebalancer l'action de la tension superficielle. Ce dispositif est extrêmement pratique. La torsion du fil est indiquée sur un cadran au moyen d'un bras portant un vernier. La torsion est proportionnelle au moment sur toute l'étendue du cadran qui est gradué directement en dynes par centimètre.

L'appareil est calibré au moyen de poids arbitraires placés sur l'anneau.

Les mesures suivantes ont été faites à l'Institut Pasteur d'Alger, au laboratoire de M. le Docteur Béguet, avec l'appareil de M. Lecomte du Nouy. Elles sont exprimées, non en dynes, mais en milligrammes par centimètre, à la température de 15°.

Source A =	73.8
Source N° 1 et 1 bis =	71.5
Source N° 2 =	71.5

Source Romaine n° 1 =	71.5
Source Romaine n° 2 =	73.8
Source n° 7 =	73.8
Source n° 8 =	74.2
Source n° 9 =	65.7
Source n° 10 (Vichy) =	73.8
Source du Grand Hôtel =	69.4
Source de l'État =	73.8
Piscines militaires =	73.8

Les eaux d'Hamam R'hira ont donc une tension superficielle très élevée, voisine de celle de l'eau distillée.

IV. — Détermination du pH

A) DÉFINITION

1. Dans la théorie des ions, un acide peut être considéré comme une substance qui fournit en solution aqueuse des ions H ; une base, comme une substance qui fournit en solution aqueuse des ions OH.

2. L'eau même très pure, conduit faiblement le courant électrique ; elle est donc très peu dissociée en ions H et OH. Mais elle est neutre parce que les ions H et OH existent en quantités égales.

3. L'eau a, comme un acide ou une base, une constante de dissociation et on peut lui appliquer la loi d'action de masse (Guldberg et Vaage) : « Le rapport des produits des masses dissociées à une masse non dissociée est égal à une constante pour une température donnée ».

$$\frac{H \times OH}{H^2O} = K$$

Mais ici, la dissociation est très faible ; la quantité non

dissociée se confond presque avec la masse dissociée ; d'autre part, la dilution n'intervient pas, l'eau étant à la fois solvant et substance dissoute. On peut donc considérer (H^2O) comme une constante invariable et écrire :

$$(H) \times (OH) = K^o$$

K^o est appelé produit ionique.

Or K , déterminé par diverses méthodes est égal à $10^{-14,14}$.
On a donc :

$$(H) \times (OH) = 10^{-14,14}$$

Comme l'eau pure est une solution neutre, on a $(H) = (OH)$. L'eau pure contient donc $10^{-7,07}$ atomes-grammes d'ions H et autant d'ions OH . Cela signifie que la concentration (masse contenue dans l'unité de volume) des ions y est égale à la racine carrée du produit ionique. En effet : $\log (H) + \log (OH) = \log 10^{-14,14}$

Faisons : $(H) = (OH)$

$$\text{On a : } \log (H) = \frac{-14,14}{2} = -7,07$$

et $PH = 7,07$ (valeur Sörensen) à 18° .

Le PH est donc le logarithme vulgaire, changé de signe, du nombre exprimant la concentration des ions hydrogène dans une solution aqueuse.

Ce pH de 7,07 signifie que dans l'eau pure neutre la dilution de ions H est d'environ $\frac{1}{10.000.000}$, exactement

$$C_{H^+} = \frac{0,85}{10.000.000}$$

soit un ion-gramme dans 10.000.000 de litres d'eau.

Le tableau suivant, que nous empruntons à M. Jean Barbaudy, indique les relations entre h , oh , pH et la normalité des acides et bases forts.

Normalité	en ions H = h							en ions OH = oh							
Base ou acide fort	n/1	n/10	n/100	n/1.000	n/10.000	n/100.000	n/1.000.000	Neutre	n/1.000.000	n/100.000	n/10.000	n/1.000	n/100	n/10	n/1
	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶		10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10^{-14}
h en puissance de 10	10 ⁻¹⁴ 10 ⁻¹³ 10 ⁻¹² 10 ⁻¹¹ 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻⁹							10 ⁻⁷	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ 10 ⁻³ 10 ⁻² 10 ⁻¹						
oh en puissance de 10	10 ⁻⁰ 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵							10 ⁻⁷	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ 10 ⁻³ 10 ⁻² 10 ⁻¹						
Exposants des ions H = pH	Acide							7	basique						
	0	1	2	3	4	5	6		8	9	10	11	12	13	14

On voit que l'acidité d'une solution croît en raison inverse de son pH.

B) MESURES

On détermine le pH de deux façons :

1° par des méthodes électrométriques.

2° par des méthodes colorimétriques.

La méthode électrométrique est la plus précise. Nous l'avons employée concurremment avec l'autre.

Méthode électrométrique

On utilise dans cette méthode la différence de potentiel que l'on observe entre des électrodes convenablement choisies et les liquides en expérience.

Si, dans une solution contenant des ions hydrogène, on plonge une électrode d'hydrogène, il se développe une force électro-motrice entre l'électrode et la solution. Cette f. é. m. est en rapport avec la migration des ions H. du point le plus riche, l'électrode, au point le moins riche, la solution, et par suite proportionnelle à la concentration des ions H dans la solution.

L'électrode d'hydrogène est réalisée en faisant baigner une lame de platine platiné saturée d'hydrogène dans la solution dont on veut déterminer le pH.

La formule de Nernst donne le potentiel que prend la lame de platine platiné lorsque l'équilibre est atteint :

$$\varepsilon = - \frac{RT}{2F} \ln \frac{(H^2)}{h^2}$$

R = constante des gaz parfaits

T = température *absolue* de l'électrode

F = 1 Farad = 96.500 coulombs

(H₂) = Pression de l'hydrogène gazeux

h = concentration des ions H. de l'électrolyte.

Pratiquement, on mesure la différence de potentiel (lame d'H- solution) en comparant l'électrode constituée par la lame de platine et le liquide dans lequel elle baigne à une électrode-étalon au calomel (différence de potentiel Hg-ions mercureux).

On constitue alors une pile formée de l'électrode à mesurer et de l'électrode au calomel reliées par la solution d'un sel neutre (KCL). Dans cette pile, la force électro-motrice E est due exclusivement à la différence de concentration des ions hydrogène dans les deux compartiments. On la mesure avec le potentiomètre.

Si A est le potentiel de l'électrode au calomel, on a :

$$E = A - \epsilon = A + \frac{B}{2} \log_{10} (H^2) - B \log_{10} h$$

où $B = \frac{RT}{2 \times 0,4343 F}$ est une constante numérique (variable avec la température) donnée dans les tables et où l'on

a remplacé des logarithmes népériens par les logarithmes décimaux. Si (H^2) vaut 1 atmosphère : $\log_{10} (H^2) = 0$

Or $\log h = -\text{pH}$ et on peut écrire : $E = A - B \cdot \text{pH}$
d'où $\text{pH} = \frac{E - A}{B}$. A dépend de l'électrode de référence em-

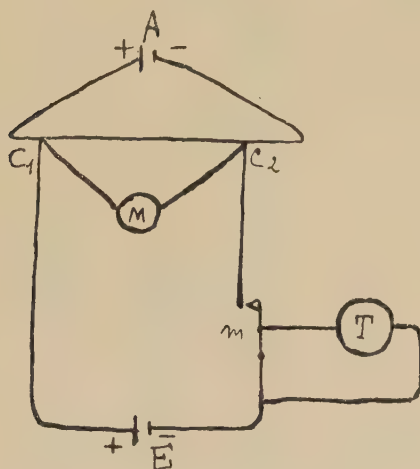
ployée : ici l'électrode au calomel au KCL $\frac{N}{10}$. Sa valeur est donnée dans les tables.

Cette dernière formule est celle qui donne le pH de l'eau à analyser lorsqu'on a mesuré la force électromotrice de la pile E fabriquée avec elle.

On mesure cette f. é. m. par la méthode d'opposition de Poggendorf qui compare la f. é. m. inconnue de la pile à une f. é. m. rigoureusement connue.

La f. é. m. d'un accumulateur de 2 volts est étalée le long du fil d'une résistance R. Les bornes de la pile E dont on

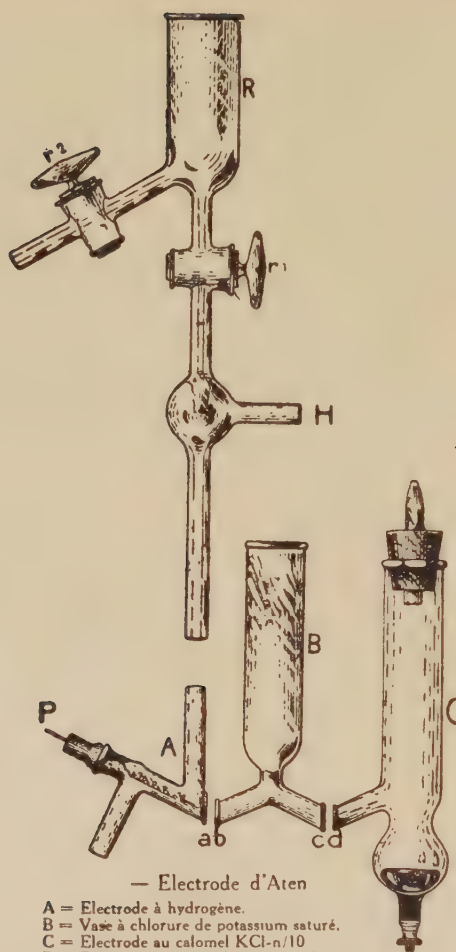
veut mesurer la f. é. m. sont reliées à deux curseurs : C 1 et C 2 par l'intermédiaire d'un électromètre capillaire T. et d'un manipulateur m, les pôles étant opposés aux pôles de même signe. On déplace les curseurs jusqu'à ce que l'électromètre indique qu'il ne passe plus aucun courant dans le circuit C1 ET m C2 RC1.



A ce moment, la chute de potentiel entre C1 et C2 qui se lit sur le millivoltmètre compense exactement et donc mesure la force électromotrice de la pile E.

Dans notre dispositif expérimental, un potentiomètre de précision (Poulenc constructeur) tenait lieu de résistance, de curseurs et de millivoltmètre. Ce potentiomètre était employé avec un électromètre capillaire.

Nous avons utilisé l'électrode à écoulement d'Aten qui nous a donné toute satisfaction et dont nous donnons la reproduction ci-après. Pour les mesures, on constitue une pile en réunissant les trois parties ABC contenant :



— Electrode d'Aten

- A = Electrode à hydrogène.
 B = Vase à chlorure de potassium saturé.
 C = Electrode au calomel KCl-n/10
 R = Réservoir pour la solution à analyser
 H = Arrivée de l'hydrogène.
 P = Fil de platine platiné.

A l'électrode à hydrogène, B, l'électrolyte de liaison (KCL saturé) C l'électrode de référence au $\text{KCL } \frac{\text{N}}{10}$ saturé de calomel.

a, b, c, d, sont des plaques poreuses d'alundum qui lais-

sent diffuser les liquides ; les gouttes qui se prennent établissent la jonction électrolytique.

Après chaque mesure, le fil de platine platiné P était lavé à l'eau distillée et plongé quelque temps dans le mélange sulfochromique. Nous avons vérifié notre appareil en faisant les premières mesures avec la solution de Michaelis :

Acide acétique normal.....	100 cc
Soude normale.....	50 cc
Eau bi-distillée.....	350 cc

Le pH de cette solution est de 4.616. Nous avons trouvé à 15° : 4.626.

Méthode calorimétrique

Nous avons employé les indicateurs suivants : (V. CLARK, *Détermination of hydrogen Ions*).

Dibromothymol sulfone phtaléine (Bleu de bromothymol).

Phénol sulfone phtaléine (Rouge de phénol).

Orthocrésol sulfone phtaléine (Rouge de crésol).

et des solutions-étalons au phosphate acide de potassium $\text{PO}_4\text{H}^2\text{K}$. Nous donnons ci-dessous les résultats que nous avons obtenus :

Source dite de Vichy..Au potentiomètre	7,53
(Aïn Tolba). Bleu de Bromothymol.....	7,4
Rouge de phénol.....	7,4
Rouge de crésol	7,6
Source n° 2 (Casino)..Au potentiomètre	8,14
Rouge de phénol	8
Rouge de crésol	8,2
Source Bellevue.....Au potentiomètre	7,77
Bleu de Bromothymol	7,6

	Rouge de phénol	7,7
	Rouge de crésol	7,8
Source n° 3.....	Au potentiomètre.....	7,48
	Rouge de phénol	7,6
	Rouge de crésol	7,6
	Bleu de Bromothymol	7,5
Source A	Au potentiomètre	8,07
	Rouge de phénol	7,8
	Rouge de crésol	8
Source n° 7	Au potentiomètre	8,19
	Rouge de phénol	8
	Rouge de crésol	8,2
Source n° 8	Au potentiomètre	6,96
	Bleu de Bromothymol	6,9
	Rouge de phénol	7
Source n° 9	Au potentiomètre	7,33
	Bleu de Bromothymol	7,4
	Rouge de phénol	7,3
	Rouge de crésol	7,4
Source du Grand Hôtel.	Au potentiomètre	7,52
	Rouge de phénol	7,6
	Rouge de crésol	7,8
Source romaine n° 1..	Au potentiomètre	6,96
	Bleu de Bromothymol	7
	Rouge de phénol	7,3
	Rouge de crésol	7,2
Source Romaine n° 2.	Au potentiomètre	7,66
	Rouge de phénol	7,7
	Rouge de crésol	8
Source n° 19.....	Au potentiomètre	8,10
	Rouge de phénol	8
	Rouge de crésol	8,2
Piscines militaires	Au potentiomètre	7,37

	Rouge de phénol	7,4
	Rouge de crésol	7,5
Source du Pavillon		
(village).....	Au potentiomètre	7,1
	Bleu de Bromothymol	7
	Rouge de phénol	7
	Rouge de crésol	7,1
Source.....	Au potentiomètre	8,15
	Rouge de phénol	7,9
	Rouge de crésol	8
Source des eucalyptus	Au potentiomètre	7,67
	Rouge de phénol	7,7
	Rouge de crésol	7,8

En résumé, le pH des eaux d'Hammam R'hira est compris entre 7 et 8 avec un minimum pour les sources romaines n° 1, n° 8 et du Pavillon, qui sont à peu près neutres. Les autres sources sont faiblement alcalines.

CHAPITRE III

Analyses chimiques

Des analyses chimiques des eaux d'Hamмам R'hira ont été faites à différentes époques. Nous utiliserons surtout les dernières, que nous empruntons à M. Hanriot (*Les eaux minérales d'Algérie*) et à M. Delluc, pharmacien en chef de l'hôpital Maillot à Alger.

Auparavant, nous pensons qu'il est utile, pour prévenir les confusions et établir les synonymies, de réunir dans le tableau ci-après les dénominations données aux sources par les divers auteurs.

1° Nous rappelons (1) que les éléments qui se trouvent dans une eau minérale à dose pondérable doivent être répartis, calculés en ions, en deux tableaux. Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

2° Pour obtenir le nombre des ions, on divise le poids en milligrammes de chaque ion par le poids ionique (somme des poids atomiques des éléments constitutifs de l'ion) : c'est à cette valeur qu'on donne le nom d'*ion-milli*.

(1) Prof. Allyre CHASSEVANT. « Essai de classification des eaux minérales d'après leurs constitutions et leurs propriétés physico-chimiques. (*Ann. de l'Inst. d'hydrol. et de climt.*, t. V, n° 4, 1926.)

CAHIER des CHARGES	HANRIOT	PLAN	POUGET-CHOUCHAK	HOPITAL MILITAIRE
1 et 1 bis	1	1 et 1 bis	Bellevue	
2	—	2 (casino)	—	
3	—	3	—	
4	Etat	Pavillon	Etat	
5	4	5	Romaine n° 1	
5 bis	3	5 bis	Romaine n° 2	
A	—	A	—	
7	2 ?	7	8 bis (partie de 7)	8 b. (partie de 7)
8	—	8	8	
9	—	9	9	
10	—	10	Vichy = Arlès Dufour Aïn Tolba-Rotureau	
11	—	—	—	1 piscine
12	—	12	—	2 —
13	Tarie	»	»	3 —
19	—	19	—	
»	Marcel Village	»	Marcel = Allan	Coup de mine

3° *L'anion-type* d'une eau minérale est obtenu en divisant la somme des poids des anions par le nombre des ions-milli. La même opération avec les cations donne le *cation type*.

En faisant la somme de l'anion type et du cation type, on obtient le poids *moléculaire type*.

4° La concentration moléculaire moyenne est le rapport de la somme des poids des ions-milli au poids moléculaire type :

$$C_m = \frac{P_a + P_c}{M T}$$

5° Le nombre des équivalents électrolytiques est égal au nombre des ions pour les ions monovalents, au double de ce nombre pour les ions bivalents, au triple pour les ions trivalents.

Le produit du nombre de ces équivalents par la vitesse spécifique des ions donne leur *mobilité électrolytique*.

6° Si l'on divise la somme des mobilités des équivalents électrolytiques par leur nombre, on obtient :

a) la mobilité équivalente des ions électronégatifs l_A

b) la mobilité équivalente des ions électropositifs l_C

La somme de ces mobilités est la conductivité limite de l'eau minérale en supposant l'ionisation complète :

$$\Lambda = l_A + l_C$$

7° Pour obtenir la *concentration équivalente* des électrolytes, on prend la moyenne arithmétique de la somme des équivalents électropositifs et des équivalents électronégatifs.

$$\frac{EA + Ec}{2} = C_{\text{éq}}$$

8° On calcule la conductivité équivalente en fonction de la résistivité électrique spécifique ρ qu'on obtient expérimentalement suivant la méthode de Kohlrausch :

$$\Lambda = \frac{1000}{\rho C_{\text{éq}}} \quad (1)$$

Le rapport de la conductivité équivalente et de la conductivité limite donne le *taux ou degré d'ionisation* :

9° En utilisant les formules de Raoult et de Vant'Hoff, on peut aussi calculer le degré d'ionisation en fonction du point cryoscopique.

Formule de Raoult : $\Delta t = 1.85 i \text{ Cm}$

Formule de Van t'Hoff : $i = 1 + (N - 1) \alpha$

$$\text{d'où l'on tire : } \alpha = \frac{\frac{\Delta t}{1.85 \text{ Cm}} - 1}{N - 1} \quad (2)$$

α est le degré d'ionisation ; en le multipliant par 10^2 , on a ce taux d'ionisation pour 100.

C_m est la concentration moléculaire.

N est le nombre des ions formés par la dissociation totale de la molécule moyenne type MT. On obtient ce nombre en divisant la somme du nombre des ions (anions et cations, plus le nombre des ions H libérés de l'anion HCO^3 , supposé lui-même dissocié en H et CO^3) par la concentration moléculaire moyenne.

10° En utilisant les équations (1) et (2) on peut calculer la valeur du point cryoscopique en fonction de la résistivité électrique :

$$\Delta t = [1 + \alpha (N - 1)] 1,85 C_m$$

$$\Delta t = \left[1 + \frac{1000 (N - 1)}{\Lambda \infty \rho \text{ C} \epsilon q} \right] 1,85 C_m$$

et réciproquement la valeur de la résistivité en fonction du point cryoscopique :

$$\rho = \frac{1000 (N - 1)}{\left[\frac{\Delta t}{1,85 C_m} - 1 \right] \Lambda \infty \text{ C} \epsilon q}$$

A) Sources thermales

Parmi les sources thermales, deux forment un groupe particulier par leur situation à la partie supérieure du plateau et leur thermalité élevée. Ce sont les sources Romaines n° 1 et n° 2. Nous donnons les résultats de leur analyse d'après Hanriot, dont les chiffres exprimant le poids des ions par litre ont servi de base à nos calculs.

Source romaine n° 1

$$T = 65^\circ$$

Émerge à la partie supérieure d'un travertin ferrugineux ancien, compact et diaclastique, formé surtout de sidérose

et d'hématite, et où se développent de petits cristaux de gypse et des veinules de calcite.

Captage en maçonnerie suffisant, canalisation en mauvais état permettant des fuites considérables.

Cette source est attribuée à l'établissement civil où elle est réservée pour le service des douches et des salles de bains.

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	421	6,90	476,1
Cl	322	9,07	589,4
SO ⁴	893	9,30	968,31
SiO ³	7	0,09	
	1.643	25,36	2033,81
CATIONS			
Na	351	15,26	664,6
Mg	69,6	2,89	269,34
Ca	355	8,87	922,48
Fe	26	0,46	
	801,6	27,48	1856,42

Anion-type A _T = 64,78. Mobilité moyenne	
de l'anion-type	lA = 58,83
Cation type C _T = 29,17. Mobilité moyenne	
de cation-type	lc = 47,86
Poids moléculaire moyen type	MT = 93,95
Concentration moléculaire moyenne (en	
milli-molécules)	Cm = 26,02
Concentration des électrolytes (en milliva-	
lences)	Céq = 36,67
Nombre des ions (molécule type dissociée). N =	2,28
Conductibilité maxima moyenne	Λ _∞ = 106,69
Résistivité spécifique électrique	ρ = 385

Conductibilité réelle	$\Lambda = 70.77$
Taux d'ionisation	$\alpha = 66.36$
Point cryoscopique (calculé)	$\Delta t = 0.10$

Source romaine n° 2

T = 68°

C'est la plus chaude de toutes. Elle est située à une centaine de mètres au S. O. de la précédente. Le captage est bon, et la canalisation a été réparée.

L'eau laisse un dépôt ocreux (sesquioxyde de fer).

Cette source est vénérée des Arabes.

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	303	4,96	338,5
Cl	329	9,26	606
SO ⁴	917	9,55	1312,17
SiO ³	30	0,39	
	1579	24,16	2256,67
CATIONS			
Na	261	11,34	493,85
Mg	30	0,12	11,18
Ca	483	12,07	1255,28
Fe	1	0,01	—
Al	9	0,33	—
	784	24,87	1760,31

Anion type A_r = 65,35. Mobilité moyenne

de l'anion type lA = 67,54

Cation type C_r = 31,50. Mobilité moyenne

du cation type lc = 47,78

Poids moléculaire moyen type..... MT = 96,85

Concentration moléculaire moyenne (en millimolécules)	Cm =	24,36
Concentration des électrolytes (en millivalences)	Céq =	35,45
Nombre des ions (molécule type dissociée). N =		2,21
Conductibilité maxima moyenne	Λ_{∞} =	115,32
Résistivité spécifique électrique	ρ =	383
Conductibilité réelle	Λ =	73,51
Taux d'ionisation	α =	63,73
Point cryoscopique (calculé)	Δt =	0,089

Les autres sources thermales sont disséminées à travers le plateau. Leur composition diffère peu des précédentes.

Source Bellevue 1 et 1 bis

T = 45°2 (Hanriot)

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	274	4,49	309,8
Cl	311	8,76	573,2
SO ⁴	879	9,15	1257,21
SiO ³	37	0,48	
	1501	22,88	2140,21
CATIONS			
Na	204	8	348,4
K	48	1,23	79,54
Mg	42,4	1,74	252
Ca	467	11,65	1211
Fe	traces		
Al	2	0,07	
Mn	traces		
	763,4	22,69	1890,94

Anion type $A_r = 65,55$. Mobilité moyenne	
de l'anion type	1A = 67,83
Cation type $C_r = 33,64$. Mobilité moyenne	
du cation type	1C = 52,53
Poids moléculaire moyen type.....	MT = 99,19
Concentration moléculaire moyenne (en millimolécules)	Cm = 22,82
Concentration des électrolytes (en millivalences)	Céq = 34,05
Nombre des ions (molécule type dissociée). N =	2,18
Conductibilité maxima moyenne	$\Lambda_\infty = 120,36$
Résistivité électrique spécifique	$\rho = 395$
Conductibilité réelle	$\Lambda = 74,34$
Taux d'ionisation	$\alpha = 63,07$
Point cryoscopique (calculé)	$\Delta t = 0,081$

Piscines militaires

T = 42°

= Sources n° 1 et 2 de l'hôpital militaire ; elles jaillissent à côté l'une de l'autre et alimentent les deux premières piscines. L'analyse a été faite par M. le pharmacien-major DELLUC, en 1927.

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	54	0,88	60,72
Cl	344	9,68	633,45
SO ⁴	821	8,55	1174,77
	1219	19,11	1868,94
CATIONS			
Na	167,7	7,29	317,47
Ca	480	12	1249
Mg	27,6	1,15	107,18
	675,3	20,44	1673,65

Anion-type $A_T = 63,86$. Mobilité moyenne de l'anion type 1A	68,1
Cation type $C_T = 33,04$. Mobilité moyenne du cation type 1C	49,82
Poids moléculaire type	MT = 96,90
Concentration moléculaire moyenne (en millimolécules)	Cm = 19,64
Concentration des électrolytes (en millivalences)	Céq = 30,62
Nombre des ions (molécule type dissociée). N	N = 2,08
Conductibilité maxima moyenne	$\Lambda_\infty = 117,92$
Résistivité électrique spécifique à 18°... ρ	$\rho = 370$
Conductibilité réelle	$\Lambda = 87,98$
Taux d'ionisation	$\alpha = 76,36$
Point cryoscopique (calculé)	$\Delta t = 0,069$

Source dite de Vichy (Aïn Tolba)

(Delluc)

Cette source, captée en 1923, est l'objet d'une grande vénération de la part des Arabes. Les lauriers-roses voisins sont couverts de morceaux d'étoffes multicolores et on rencontre là, fréquemment, les plumes de poulets offerts en reconnaissance à Sidi Sliman, patron des sources.

Cette eau est utilisée en boisson à l'établissement thermal.

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	135	2,21	152,49
Cl	319	8,98	587,65
SO ⁴	780	8,12	1115,68
Si O ³	11	0,20	—
	1245	19,51	1855,82

CATIONS

Na	.....	106,3	4,62	201,20
Ca	.....	497,1	12,43	1294,21
Mg	.....	56,8	2,37	220,88
		660,2	19,42	1716,29

Anion-type $A_T = 63,81$. Mobilité moyenne		
de l'anion type	.....	1A = 67,63
Cation type $C_T = 34$. Mobilité moyenne		
du cation type	.....	1c = 50,15
Poids moléculaire type	.....	MT = 97,81
Concentration moléculaire moyenne (en		
millimolécules)	.....	Cm = 19,4
Concentration des électrolytes (en milliva-		
lences)	.....	Céq = 30,82
Nombre des ions (molécule type dissociée)	N =	2,1
Conductibilité maxima moyenne	.....	$\Lambda_\infty = 117,78$
Résistivité électrique spécifique à 18°...	$\rho =$	420
Conductibilité réelle	.....	$\Lambda = 77,34$
Taux d'ionisation	.....	$\alpha = 65,65$
Point cryoscopique (calculé)	.....	$\Delta t = 0,06$

Analyse bactériologique

Un échantillon prélevé le 26 novembre 1928 et analysé par M. le Docteur Béguet, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, a fourni les résultats suivants :

Nombre de germes microbiens aérobies par centimè-	
tre cube	 600
Nombre de microbes liquéfiant la gélatine par cm ³ ..	300
Nombre de germes de moisissures par centimètre cube	100

Absence de Bactérium coli.

Conclusion : Eau potable.

B) Sources froides

Elles sont au nombre de deux situées au village à 100 m. l'une de l'autre et désignées sous les noms de source de l'État et de source Marcel.

1. Source de l'État ou du Pavillon

(Delluc)

ANIONS	POIDS en milligr. par litre	NOMBRE des ions-milli	MOBILITÉ des électrolytes
HCO ³	209,3	3,43	236,87
Cl	259	7,29	477,05
SO ⁴	764	7,95	1092,33
SiO ³	16	0,21	
	1248,3	18,18	1806,05
CATIONS			
Na	72,4	3,15	137,18
Ca	565	14,12	1470,17
Mg	49,8	2,05	191,06
Fe	9,9		
	697,1	19,32	1798,41

Anion type A_T = 66,14. Mobilité moyenne

de l'anion type..... l_A = 67,84

Cation type C_T = 35,52. Mobilité moyenne

du cation type..... l_c = 50,66

Poids moléculaire type..... MT = 101,66

Concentration moléculaire moyenne (en

millimolécules)..... C_m = 19,04

Concentration des électrolytes (en milliva-

lences)..... C_{éq} = 31,05

Nombre des ions (molécule type dissociée) N = 2,13

Conductibilité maxima moyenne..... Λ_∞ = 118,50

Résistivité électrique spécifique à 18°....	ρ =	321
Conductibilité réelle	Λ =	100,34
Taux d'ionisation	α =	84,56
Point cryoscopique (calculé).....	Δt =	0,073

Cette source fut découverte en 1846 par le médecin-major Panier. Elle a été captée par les soins du Génie militaire, au centre d'un terrain d'environ 100 m. de côté.

L'eau, qui sourd dans un bassin de captage, jaillissait autrefois dans une vasque située au centre d'un kiosque octogonal. L'accès de ce kiosque est aujourd'hui interdit et l'eau est recueillie à la borne-fontaine située à l'extérieur de l'édifice, où l'on vient la boire.

Température. — La température de cette source n'est pas constante, elle varie avec les saisons de 12° en hiver à 20° en été. (Voir tableau ci-dessous).

Débit. — Il est très nettement influencé par les saisons et par les pluies, ce que souligne le désaccord entre les analyses chimiques. Les observations suivantes ont été prises par le Dr. Armeilla au cours de l'année 1911.

DATES	DÉBIT par minute	TEMPÉRATURE	OBSERVATIONS
1 ^{er} février	3 litres	12°	Après 3 jours de pluies diluviennes. Après 3 jours de sécheresse.
8 mars	3 litres 65	18°	
11 mars	24 litres	14°	
14 mars	6 litres	19°	
27 juin	3 litres 5	19°5	Tremblement de terre du 11.
12 juillet	7 litres 5	19°	
25 août.....	4 litres 8	21°	Après un été très chaud et très sec.
11 septembre..	3 litres 3	21°	

Analyse bactériologique (Armeilla). — Un échantillon prélevé le 16 février 1911 a donné les résultats suivants à l'analyse bactériologique pratiquée au laboratoire de l'hôpital du Dey à Alger.

Nombre de microbes aérobies par cm^3 : 650 (*Bacillus subtilis*, *fluorescens*, non *liquefactus*).

Nombre de microbes anaérobies par centimètre cube : 0.

Moisissures : 350 : *Aspergillus glaucus*.

Conclusion : Eau de bonne qualité.

2. **Source Marcel**

Cette source a été mise à jour en 1890, par M. ALLAN, qui la fit jaillir d'un coup de mine, en construisant un bâtiment. Elle n'est plus utilisée aujourd'hui. Sa composition chimique est semblable à celle de la source de l'État, avec toutefois une plus forte quantité d'ions sulfurique et d'ions calcium.

Comme la précédente, elle a une saveur acidulée agréable et laisse un léger goût styptique, dû au fer ; sa température et son débit varient également avec les saisons.

CHAPITRE IV

Origine des eaux d'Hammam R'hira

Nous avons vu que les eaux minérales d'Hammam-R'hira jaillissent en deux groupes :

- 1) les sources thermales à la station.
- 2) les sources froides au village.

Ces deux groupes sont répartis le long d'une faille de 4 kilomètres, brisée en son centre, à convexité Nord. Il est à remarquer que les sources thermales jaillissent toutes non loin de l'endroit où, sous une influence difficile à déterminer, la faille a dû modifier sa direction, mais il est naturel de penser que ce fut là le point initial de rupture de l'écorce terrestre, et donc le lieu où la dislocation des couches atteignit son maximum d'amplitude.

Cette hypothèse permet d'attribuer une origine commune à l'ensemble des sources minérales d'Hammam-R'hira. Elle explique tout à la fois la thermalité des sources dont le point d'émergence est peu distant du lieu d'origine, et l'absence — relative — de thermalité des sources éloignées ayant eu à cheminer plus longuement à travers les couches superficielles.

De plus, les eaux thermales se sont frayé un passage à travers des failles, ou diaclases, secondaires. D'autre part,

il n'est pas douteux, comme l'ont montré plusieurs forages. qu'un niveau d'eau thermale existe à la base même du travertin. Cette eau est mélangée d'eaux sauvages superficielles qui occasionnent les variations de débit et de thermalité, et elle jaillit en résurgences, à une température relativement peu élevée. Les sources A, n° 2 (casino) et 3 appartiennent à ce dernier type.

Un examen attentif des travertins montre en effet une formation identique aux environs des sources romaines n° 1 et 2 et des sources Marcel et de l'Etat (lèvre Nord de la faille) : le fer que renferment ces deux formations est, sans doute, un élément de minéralisation surajouté, soit au moment du passage de l'eau minérale au niveau de certaines couches crétacées, soit par apport d'eaux ferrugineuses d'infiltration provenant des argiles helvétiques qui dominent les sources.

L'absence de fer dans les autres sources s'explique de deux façons :

1) En ce qui concerne l'eau des griffons de résurgence signalés plus haut, le fer a été déposé presque entièrement au cours du cheminement sous le travertin : il y a eu perte d'anhydride carbonique et dépôt corrélatif d'oxyde de fer ; le travertin s'accroît par la base et non par le sommet.

2) Quant aux autres émergences (lèvre Sud de la faille), il semble que leurs eaux ont suivi un trajet un peu différent et elles ont été préservées, au cours de leur égarement à travers des failles ou diaclases moins profondes, d'une minéralisation ferrugineuse d'origine superficielle.

A ces arguments d'ordre géologique en faveur de l'identité d'origine des eaux d'Hammam-R'hira s'ajoute une confirmation tirée des analyses chimiques. Celles-ci, quand on les dépouille de leurs accessoires, indiquent une minéralisation semblable ; les différences portent moins sur la

présence ou l'absence de tel élément que sur la quantité de cet élément qu'on trouve dans un litre d'eau. Cela signifie qu'Hamam-R'hira possède toute une gamme d'eaux de même type, mais qui peuvent répondre à des indications très variées.

A quelle profondeur s'alimentent les sources minérales ? Si l'on tient compte du degré géothermique (élévation de température de 1° par 30 m. de profondeur) et en donnant une température moyenne de 20° aux couches superficielles, on estime que les eaux proviendraient de 900 à 1.500 mètres de profondeur. Ces chiffres n'ont cependant qu'une valeur relative, car le degré géothermique est très variable avec les lieux. Quoi qu'il en soit, il n'est pas téméraire de penser que les calcaires liasiques du Zaccar sont le réservoir aqueux où s'alimentent les sources d'Hamam-R'hira.

Comme nous l'avons expliqué au chapitre « Géologie », ces calcaires doivent passer latéralement aux marnes irisées gypso-salines du trias. C'est au contact de ces dernières couches que l'eau se minéralise. Elle se charge de gypse et de sel, de carbonates alcalino-terreux et magnésiens en lessivant les terrains chargés de ces minéraux et non pas, comme on l'a dit, par un jeu compliqué de réactions chimiques.

Depuis quand les sources thermales jaillissent-elles à Hamam R'hira ? Les témoignages de la nature sont ici fragiles et insuffisants. Le travertin est postérieur à l'époque miocène. C'est tout ce qu'on peut affirmer. La couche de calcaire qui s'est déposée sur les statues de marbre romaines retirées des fouilles avait à peine quelques centimètres d'épaisseur. Mais nous avons vu que le travertin s'accroît aussi et surtout par sa base. Au centre de la station, non loin de l'hôpital militaire, il présente une épaisseur maxima d'une dizaine de mètres. Sur ses bords, ce n'est plus qu'un

mince croûte calcaire, poreuse, de quelques décimètres, qui repose sur les marnes : on n'y trouve que d'abondantes inclusions végétales et quelques débris fossilisés de gastropodes actuels. En l'absence de documents paléontologiques plus anciens, il est sage de ne pas se prononcer, d'autant plus que la région est assez souvent le théâtre d'événements sismiques, heureusement peu importants. De légères secousses furent perçues, en 1908, 1909, 1910. Nous en avons ressenti une à la fin de notre séjour à Hammam-R'hira, le 25 novembre 1928, mais nous n'avons pas constaté de perturbation dans le régime des eaux. Par contre, des tremblements de terre plus importants, tels que ceux de mai 1906 et de juillet 1911 eurent pour effet d'augmenter le débit et la thermalité des sources (44°5 au lieu de 41°). De plus, les eaux se troublèrent durant 10 à 12 heures et laissèrent dans les piscines un dépôt rougeâtre abondant.

En résumé, les eaux d'Hammam-R'hira ont toutes une origine commune. Elles s'alimentent au trias de type germanique ou pyrénéen, c'est-à-dire, gypseux, salifère et magnésien. Leur origine géologique établit leur parenté avec les sources du trias vosgien, qui présentent une minéralisation semblable.

TROISIÈME PARTIE

Pharmacologie des eaux minérales et Thérapeutique climatique

Les eaux minérales ne sont plus considérées aujourd'hui comme de simples solutions d'éléments chimiques. L'étude de leurs propriétés physico-chimiques nous a révélé le mécanisme de quelques-unes de leurs actions physiologiques. Nous avons vu qu'elles contiennent des ions porteurs de charges électriques. La découverte de leur radioactivité a donné une explication des vertus de certaines sources alors que l'analyse chimique ordinaire était impuissante à en rendre compte. Divers auteurs étudient l'influence du pH, de l'abaissement du point de congélation, de la tension superficielle, etc... On sait, d'autre part (J. Bardet) que l'analyse spectrale a révélé dans les eaux minérales, la présence, à l'état de traces, de nombreux éléments, et Monsieur le Professeur Ch. Moureu a même émis cette hypothèse que la plupart, sinon tous les éléments chimiques,

existent au sein des eaux minérales, ce qui expliquerait les propriétés de catalyse de quelques-unes d'entre elles.

L'eau minérale a donc encore des raisons d'agir que la raison ne connaît pas.

Nous étudierons successivement, d'après les observations des médecins d'Hammam-R'hira et les connaissances actuelles en hydrologie médicale :

Ch. I. — Le Mode d'emploi des eaux d'Hammam-R'hira.

Ch. II. — Leur action physiologique.

Ch. III. — Les indications et contre-indications thérapeutiques de la cure.

Nous nous sommes inspiré pour la rédaction de ces chapitres des ouvrages de MM. les Docteurs Georges Martin et Fernand Rosso.

CHAPITRE PREMIER

Mode d'emploi des eaux d'Hammam R'hira

A. — Usage interne

Les eaux utilisées comme boisson à Hammam-R'hira sont les eaux de la source froide de l'État et les eaux chaudes d'Aïn-Tolba.

1. Source de l'État

Elle est utilisée suivant les règles en usage dans les stations vosgiennes. L'eau est prise le matin à jeun, absorbée par gorgées, par verres de 250 cc. environ. Cette quantité est parfois trop forte. Il faut alors prendre l'eau minérale par fractions de verre, espacées de 15 à 30 minutes. Nous verrons qu'une ingestion trop copieuse pourrait être nuisible.

Cette eau est également prise aux repas à l'hôtel. Elle ne trouble pas le vin et son usage n'a d'inconvénient qu'en cas d'intolérance gastrique.

2. Source, dite de Vichy (Aïn Tolba)

Cette source est en grande faveur auprès des Arabes ; l'eau est prise à raison d'un verre le matin à jeun, et d'un autre verre une demi-heure avant les repas. Elle aurait une action étonnante sur le foie.

B. — Usages externes

La durée de la cure thermale est d'un mois environ.

Elle comprend, outre la cure de boisson, des bains, des douches et diverses pratiques physiothérapiques. L'accès des thermes n'est plus autorisé que sous une surveillance médicale.

1. Bains

On emploie à Hammam-R'hira :

Des bains généraux chauds ;

Des bains généraux tempérés ;

Des bains locaux chauds.

a) *Les bains généraux chauds* se prennent dans les piscines collectives ou individuelles, à une température de 39 à 42°. Leur durée est de 5 à 15 minutes au maximum. Elle varie avec l'état de résistance ou de débilité du sujet. On entre d'abord dans la piscine à 39°, puis on passe dans la piscine à 42°. On est aussitôt saisi par la thermalité de l'eau, puis, quand l'immersion est complète, il se produit une vasodilatation cutanée, suivie d'accélération des battements cardiaques, de gêne dans la respiration et d'une sensation de malaise et d'abattement accompagnée d'une abondante sudation au niveau de la face. La température centrale du corps est élevée d'environ un degré.

Après ce bain, le malade, qui s'est bien essuyé, se couche, enveloppé de chaudes couvertures, sur un lit de repos, dans la salle voisine : il fait alors une sudation abondante ; d'ordinaire il élimine 400 à 500 grs. d'eau, mais la perte cutanée peut être, dans certains cas, d'un ou 2 kilos : cette sudation a pour but d'éliminer les toxines et les déchets de la nutrition.

Afin d'étancher la soif que ressentent à ce moment beaucoup de malades, on leur donne à boire quelques gorgées d'eau de la source de l'État ou d'Aïn-Tolba.

b) *Bains généraux tempérés.* — Ce sont des bains de baignoire ou de piscine individuelle : on les donne à la température désirée. Ils conviennent surtout aux sujets âgés ou atteints d'une tare organique nécessitant un traitement prudent. Ces bains se prennent au début de la cure : ce sont des bains d'attente et de préparation aux bains de piscine.

c) *Bains locaux chauds.* — Le malade plonge le membre à soigner dans l'eau thermale. Ces bains sont indiqués lorsque le bain général est mal supporté.

2. Douches

Par la percussion, elles renforcent l'action de la thermalité en activant la circulation et stimulent davantage les échanges nutritifs. On emploie :

1) *La douche générale*, en cercle ou en pluie : la durée (1 à 5 minutes) est augmentée progressivement.

2) *La douche locale* : sur les régions où l'on veut intervenir avec énergie.

3) *La douche sous-marine* qui s'administre dans une piscine individuelle au moyen d'un tube de gros calibre et donne de bons résultats dans les névralgies, lumbagos et douleurs rhumatismales.

4) *La douche-massage*, par les procédés d'Aix et de Vichy.

a) *Procédé d'Aix* : le malade assis sur un siège offre les membres en position de relâchement. Le massage est fait sous une douche en pluie de faible pression.

b) *Procédé de Vichy* : le malade est couché sur un lit spécial ; au-dessus, une rampe percée de trous envoie de minces filets d'eau sur le corps du patient, pendant le massage.

La douche-massage est très active. Elle est utilisée avec avantage dans le rhumatisme chronique et les séquelles traumatiques et inflammatoires des membres.

5) *Les douches vaginales et périnéales*. — Elles se montrent efficaces dans le traitement des affectations gynécologiques ; métrites chroniques, dysménorrhée, aménorrhée.

6) *La douche froide*. — Après une courte période de vasoconstriction périphérique, elle occasionne une phase excitante ; la peau est hyperémiee et l'hématose est activée. Elle est employée surtout dans les chloro-anémies, les anémies d'origine palustre et chez les personnes débilitées par les chaleurs à la fin de l'été.

Son action tonique sur le système nerveux n'est pas négligeable.

7) *La douche écossaise*. — Commencée avec de l'eau à 35° dont la température est progressivement élevée à 42°, puis terminée par un jet brusque et court d'eau froide, elle provoque une action révulsive.

Autres pratiques

Ce sont :

1) *Le massage à sec*, quand la douche massage est contre-indiquée ; au gant de crin quand on veut obtenir une réaction locale.

2) *L'électrothérapie*, utilisée surtout dans les paralysies flasques et les amyotrophies.

3) *La mécanothérapie*, qui donne d'excellents résultats à l'hôpital militaire, mais n'est pas encore employée au Grand Hôtel.

C. — **Accidents survenus pendant la cure**

Ils sont dus le plus souvent à l'imprudence de malades qui se soustraient au contrôle médical.

1) *Poussée thermique* : elle consisterait en petites plaques rougeâtres qui se vésiculisent, puis se dessèchent. Au bout de quelques jours, l'épiderme s'exfolie. Ces éruptions se produiraient d'après Bezançon, chez un sujet sur dix, et même plus rarement selon Renard.

2) *Réveil des douleurs* : Les médecins d'Hamam R'hira ont été unanimes à constater ce phénomène dans les cas de rhumatisme articulaire ou de sciatique ; il serait d'un excellent pronostic pour le résultat ultérieur de la cure.

3) *Constipation* : Elle peut survenir parfois après ingestion d'eau ferrugineuse, mais l'effet laxatif est plutôt la règle.

4) *Autres manifestations* : On constate parfois au début de la cure un peu de lassitude et d'insomnie. Ce sont là troubles passagers qui disparaissent rapidement.

CHAPITRE II

Action physiologique des eaux

1° A l'intérieur

Deux sources sont utilisées en boisson :

a) *La source de l'Etat.* — Elle a été comparée aux eaux de Contrexéville, de Martigny et de Vittel. Ses propriétés thérapeutiques ont sans doute été exagérées. Le Dr. Martin en rend justiciables les affections suivantes : lithiase urinaire, lithiase biliaire, maladies hépatiques ; catarrhe des voies urinaires, gravelle phosphatique ; glycosurie arthritique ; goutte, artériosclérose, congestion rénale de la ménopause ; albuminurie arthritique ; chlorose, anémie, neurasthénie, dyspepsies.

Ce n'est pas diminuer la valeur de cette source de la ramener à un rôle plus modeste. Les médecins militaires sont en effet d'accord pour signaler son peu d'action dans les lithiases urinaires et biliaires, la gravelle, l'artériosclérose et la goutte.

Par contre, elle stimule l'appétit, facilite les digestions, accroît les sécrétions. Au début, elle peut produire un peu de constipation, mais elle devient vite laxative et les selles

matinales prennent alors un aspect particulier : par suite de l'augmentation de l'excrétion de la bile, elles sont colorées en vert-sombre. Cette action laxative, en favorisant la désintoxication de l'organisme, a d'heureux effets.

Par son fer, la source de l'État exerce encore une action salutaire sur la chloro-anémie et les anémies d'origine paludéenne, en augmentant la proportion de l'hémoglobine.

Enfin, les éléments soufre et calcium jouent eux aussi un rôle important. Le soufre se trouvant à l'état de sulfate, une petite quantité seulement est réduite dans l'intestin à l'état d'hydrogène sulfuré. Or, c'est sous cet état qu'est fourni aux matières albuminoïdes, le soufre nécessaire à la formation de leurs molécules. Comme la carence du soufre est la règle dans le rhumatisme chronique et certaines anémies et dermatoses, on voit le bénéfice que ces affections peuvent retirer de la cure d'Hamмам R'Hira.

De plus, en réduisant l'oxyhémoglobine, le soufre met en liberté de l'oxygène qui favorise les combustions et apporte une heureuse modification à la diathèse arthritique.

Le calcium a une incontestable action diurétique. Ainsi que l'a établi le professeur Léon Blum, de Strasbourg, il y a dans l'organisme un rapport entre la quantité d'ions calcium et la quantité d'ions sodium ou magnésium. Si l'un d'eux fait défaut, l'autre le remplace et se trouve en excès. Or, le sodium provoque des phénomènes d'hydratation de l'organisme. Un apport de calcium chasse l'excès de sodium, dessèche les tissus et met en liberté de l'eau qui s'élimine par les urines.

b) *La source dite de Vichy* (Aïn Tolba). — Les indigènes ont pour elle une grande dévotion. A tort ou à raison, les femmes arabes viennent y chercher un remède à l'infamante stérilité. Un point aujourd'hui élucidé, c'est le bénéfice que retirent de cette source pléthoriques et obèses. On

signale plusieurs cas où son action réductrice sur le foie fut manifeste.

Comment cette source agit-elle ? On sait que le contenu gastrique passe dans le duodénum lorsque son point cryoscopique est égal à $-0^{\circ}38$. Nous avons vu que l'eau d'Aïn Tolba est congelée à $-0^{\circ}06$. Comme cette eau est hypotonique par rapport au sérum sanguin ($\Delta t = -0^{\circ}56$) elle est absorbée par la muqueuse stomacale jusqu'à ce que le contenu gastrique ait atteint $-0^{\circ}38$ c'est-à-dire presque en totalité. Il y a donc intérêt à la prendre par petites doses espacées.

D'après Traube, et Gabriel Perrin a soutenu récemment cette théorie en France, ce ne serait pas l'écart entre le point cryoscopique de l'eau et celui du sérum qui déterminerait l'absorption, mais l'écart entre la tension superficielle des deux liquides.

Quelle que soit la théorie adoptée, dans le cas d'Hammam R'Hira, un fait est certain : l'eau est absorbée. Sa tension superficielle (73 mgr 8) est en effet très éloignée de celle du sérum sanguin (7 mgr 65).

Nous avons vu le rôle du soufre et du calcium à propos de la source de l'État. Peut-être le magnésium plus abondant a-t-il ici une action sur le grand sympathique et surtout sur le petit sympathique (Laignel-Lavastine) ; il agirait comme régulateur des contractions et des sécrétions intestinales.

2^e A l'extérieur

a) *Action de la thermalité.* — C'est à elle qu'on attribuait autrefois toute la vertu des eaux. Bien qu'elle ait été dépouillée d'une partie de ses attributs, son rôle n'en reste pas moins important. Elle a des effets locaux : rougeur de la peau, activation du courant circulatoire, exsudations

extravasculaires ; et des effets généraux : modification de la pression sanguine, accélération des battements cardiaques, élévation de la température centrale, qui se traduisent par un rétablissement de la circulation là où elle pouvait avoir été amoindrie ou supprimée. Enfin, la sudation abondante provoque une dépuración énergique.

b) *Action de l'eau thermale sur la peau.* — Sur la peau, l'eau thermale agit de deux façons :

1° *Par simple contact et imbibition* : les sels alcalins excitent les terminaisons nerveuses périphériques et activent la circulation. Ils saponifient les produits sébacés, et pénètrent dans les follicules pileux et les canaux des glandes en grappe et des glandes sudoripares, réalisant ainsi une complète imbibition de l'épiderme.

2° *par absorption des sels.* — Cette absorption a été longtemps niée. Il est exact que les expériences faites avec des solutions artificielles n'ont pu la mettre en évidence. Mais nous croyons qu'entre une eau fortement ionisée comme celle qui sort du griffon et le corps humain lui-même porteur de charges électriques, des courants s'établissent sous forme d'échange d'ions.

c) *Action de la radioactivité.* — A son arrivée dans la piscine la plus chaude du Grand Hôtel, après un trajet d'une centaine de mètres, l'eau thermale a perdu les trois quarts de sa radioactivité. Combien les Romains étaient plus avisés de construire leurs thermes au griffon même. . . Peut-être faudra-t-il restaurer la vieille piscine romaine, aujourd'hui livrée aux arbustes, au fond de laquelle a été cimenté le griffon de l'une des plus radioactives parmi les sources d'Hammam R'hira, la source n° 7. Ici, comme en bactériologie, comme en homéopathie, l'observation clinique a devancé la démonstration expérimentale.

Quels sont les effets physiologiques de l'émanation ? Aux

doses où on la rencontre à Hammam R'hira, elle excite la cellule dans ses fonctions de nutrition, de sécrétion et de reproduction.

1° Elle décompose les uréides (xanthine, hypoxanthine, acide urique) et augmente la solubilité de l'urate de soude.

2° Elle joue un rôle « activant » vis à-vis des ferments.

3° Elle favorise la sécrétion d'hormones par les glandes endocrines et en particulier les capsules surrénales.

4° Son action sur le sang se manifeste par une augmentation du nombre des hématies et des polynucléaires.

5° Elle stimule les échanges nutritifs en augmentant la consommation de l'oxygène et l'élimination de l'urée et de l'acide urique.

CHAPITRE III

Indications et contre-indications thérapeutiques de la cure thermique et climatique

A. — Cure thermique

1° Indications principales

a) *Le rhumatisme chronique sous toutes ses formes.* — C'est le traitement de cette affection qui a établi la réputation d'Hamмам R'hira. Au début, il y a souvent un réveil de douleurs, bientôt suivi d'une amélioration nette.

1° Les bains de piscine font céder rapidement le rhumatisme articulaire; des malades qu'on transportait à leur arrivée, ou qui s'appuyaient sur des béquilles, ont pu repartir seuls au grand étonnement de leur famille.

2° Les lumbagos, torticolis, douleurs erratiques retirent toujours un bénéfice de la cure.

3° Les paralysies et paraplégies d'origine rhumatismale donnent les cas de guérison les plus remarquables et les plus authentiques.

4° Les médecins d'Hamмам R'hira obtiennent aussi de bons résultats dans les séquelles de rhumatisme arti-

culaire aigu, de rhumatisme infectieux, de rhumatisme blennorrhagique. Toutefois, ce dernier cède avec moins de facilité et exige plusieurs saisons.

b) *Les suites de traumatismes et de blessures de guerre.* —

1° Les arthrites et périarthrites chroniques sont une des principales indications. L'amplitude et la souplesse des mouvements augmentent, les douleurs et raideurs disparaissent, les craquements et l'atrophie musculaire diminuent.

2° *Hydarthroses* d'origine traumatique : elles sont guéries le plus souvent en une seule saison ; le membre recouvre presque entièrement sa fonction.

3° *Entorses* : l'action conjuguée du massage et des bains de piscine améliore les entorses anciennes ; elle atténue la douleur, fait disparaître les raideurs, et fortifie les ligaments.

4° Les suites de fractures sont brillamment traitées à Hammam R'hira, surtout durant la période de consolidation. Plus tard, la cure est moins efficace.

5° Les raideurs articulaires, les ankyloses fibreuses, les rétractions musculaires sont améliorées ainsi que les ostéites et périostéites non tuberculeuses.

c) *Les affections du système nerveux.* — Les névralgies et les sciatiques, les hémiplégies et les myélites sont traitées avec succès.

2° Indications accessoires

Dans ce groupe sont rangées les affections qui, ayant donné des résultats moins certains, peuvent néanmoins bénéficier de la cure.

1) *Troubles gastro-intestinaux d'origine anémique ou paludéenne.*

Très fréquents en Algérie, ils sont le plus souvent amenés à Hammam R'Hira où le climat, la cure de boisson, les

bains et le régime contribuent à l'amélioration de l'état général.

2° *La goutte* demande une surveillance spéciale. Elle a été favorablement influencée.

3° *Les dermatoses* : eczéma séborrhéique, psoriasis, acné, ichthyose, prurits sont modifiés avec avantage ou même guéris à la suite des bains chauds.

4° *Affections gynécologiques.*

Les femmes arabes demandent aux eaux d'Hammam R'hira la guérison de la stérilité. C'est leur attribuer un pouvoir exagéré. La dysménorrhée et l'aménorrhée, les troubles de la ménopause, les métrites chroniques tirent grand profit de la cure.

3° **Contre-indications**

Ce sont les contre-indications de la plupart des stations thermales, c'est-à-dire toutes les affections à l'état aigu. De plus, à cause de la thermalité élevée des bains, il faut éliminer les maladies suivantes :

Tuberculose sous toutes ses formes.

Néphrites.

Cardiopathies et artério-sclérose.

Dermatoses récentes.

Etats cachectiques.

En outre, le traitement des porteurs d'affections pulmonaires chroniques (asthme, emphysème, bronchite chronique) des hypertendus légers, des débilités nécessite une grande prudence.

Cure climatique. — Elle s'adresse aux adultes : convalescents, surmenés, pré-tuberculeux, qui trouveront à Hammam R'hira le site et les soins qui conviennent à leur état,

et surtout aux enfants d'Algérie, encore insuffisamment acclimatés, et déprimés par les chaleurs estivales. L'anémie, les troubles gastro-intestinaux, l'inappétence en font des candidats à toutes les maladies infectieuses. Un séjour à Hammam-R'hira ferait le plus grand bien à ces enfants. Aussi verrions-nous avec plaisir certains locaux inoccupés abriter de nombreuses colonies de vacances.

CONCLUSIONS

La station d'Hamмам R'hira possède des eaux hyperthermales de réputation ancienne, qui s'apparentent étroitement par leur origine triasique aux eaux minérales des stations vosgiennes. Elle a sur ces dernières l'avantage d'être surtout *une station hivernale*.

Les eaux ont une minéralisation faible (environ 2 gr. 50 par litre). Elles sont sulfatées calciques, accessoirement chlorurées et bicarbonatées et possèdent une réaction neutre ou légèrement alcaline.

Plusieurs sources ont une radioactivité considérable, mais mal utilisée. Leur point cryoscopique et leur tension superficielle très éloignés de ceux du sérum sanguin, permettent l'absorption presque complète de l'eau au niveau des muqueuses gastrique et intestinale, comme le laissaient penser les observations cliniques.

Les eaux agissent surtout contre les algies articulaires et les rhumatismes. Les statistiques de l'hôpital militaire donnent aussi des résultats remarquables dans les suites de traumatismes. Les affections du foie sont de même améliorées.

C'est la confirmation de ce qu'écrivait Shaw il y a deux siècles : « Les eaux d'Hammam R'hira sont efficaces contre le rhumatisme et la jaunisse. »

Hammam R'hira est en somme, selon la très heureuse expression de M. le Professeur Chassevant : *Le Vittel Thermal algérien*.

Hammam R'hira doit également devenir une station *thermale et climatique d'été* pour les Européens d'Algérie qui ne peuvent aller en France. Elle doit recevoir en particulier les enfants débilités par les chaleurs, chez qui l'atmosphère radioactive de la station a la plus heureuse influence.

Vu :

Le Doyen,

ARDIN-DELTEIL.

Vu :

Le Président de la thèse,

CHASSEVANT.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Alger, le 3 avril 1929.

Le Recteur,

TAILLIART.

BIBLIOGRAPHIE

- SHAW. — *Voyages dans la régence d'Alger* (Oxford, 1738), traduit de l'anglais (Amsterdam, 1742).
- Geographicae enarrationes libri octo (Lyon, 1541).
- BERBRUGGER. — Ruines d'Aquae calidae, *Revue Africaine*, 1864.
- FRAY DIEGO DE HAÜEDO. — *Epítome de los Reyes de Argel* (Valladolid, 1612), traduit par H. de Grammont, 1881.
- AUSONE DE CHANCEL. — Inscriptions latines, *Revue Africaine*, 1866.
- POMEL. — Le massif de Miliana, 1873.
- BRIVES. — Les terrains tertiaires des bassins du Chélif et du Dahra, Alger, 1897.
- Contribution à l'étude des gîtes métallifères de l'Algérie, Alger, 1918.
- M. FICHEUR. — Note géologique sur les sources thermales d'Hamman R'Hira, Alger, 1910.
- REPELIN. — Sur la constitution géologique du massif des Soumata et de Hamman R'Hira (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 1894).
- Pierre URBAIN. — Origine et hydrogéologie des eaux radioactives, *XII^e congrès international d'hydrologie et de géologie médicales*, Lyon, 1927.
- A. CHASSEVANT. — Hydrologie élémentaire à l'usage des médecins, Paris, 1912.
- F. JADIN & ASTRUC. — Précis d'hydrologie, de géologie et de minéralogie, Paris, 1920.
- P. PERRIN & P. MATHIEU. — Les eaux minérales, leurs modes d'action, leur emploi. Paris, 1925.

- A. BERTHERAND. — Les eaux minérales de l'Algérie, Alger, 1858.
- TROLARD. — Les eaux minérales de l'Algérie, 1901.
- HANRIOT. — Les eaux minérales algériennes. Paris, 1911.
- M. DALLONI. — Observations géologiques sur les eaux minérales et thermales de l'Algérie, Alger, 1928.
- V. BEZANCON & M. MORIN. — Les eaux thermominérales d'Hammam R'Hira, Alger, 1866.
- E. Renard. — Station thermale d'Hammam R'Hira, 1880.
- Hammam R'Hira, près d'Alger, 1900.
- THOMAS D. SAVILL. — Hammam R'Irha a winter health resort London 1884.
- Arlès DUFOUR. — Hammam R'Irha, 1889.
- G. MARTIN. — La station d'Hammam R'Irha, Alger, 1913.
- A. CHASSEVANT. — Eaux potables et eaux minérales d'Algérie (*Congrès de l'eau*, Alger, 1928).
- VILLE. — (Service des mines). Notice sur les sources thermales et minérales de l'Algérie, 1889.
- F. ROSO. — La station climatique et les eaux minérales d'Hammam R'Hira, Paris, 1926.
- A. BOUTARIC. — Précis de physique.
- CHENEVEAU & LABORDE. — Appareil pour la mesure de la radioactivité d'après la méthode électroscopique (*Journal de physique*, 1909).
- MOUREU & LÉPAPE. — Sur la radioactivité des sources thermales de Bagnères-de-Luchon. Remarques sur la technique expérimentale (*Annales des Mines*, 1909).
- A. LÉPAPE. — Sur la mesure quantitative de l'émanation du radium par le rayonnement α . Corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux (*C. R. Ac. des Sc.* 1923).
- Sur la recherche d'émanation du thorium dans les sources thermales par la méthode de l'activité induite (*C. R. Ac. des Sc. T.* 178, 1924).
- Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises (*An. de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie*, t. II, 1924).
- L. POUGET & CHOCHAK. — Radioactivité d'eaux de sources du département d'Alger (*Bull. de la Soc. d'Hist. Nat. de l'Afrique du Nord*, t. 14, juin 1923).
- A. CHASSEVANT. — Essai de classification des eaux minérales d'après leur constitution et leurs propriétés physico-chimiques. (*Ann. de l'Institut d'hydrologie et de climatologie*, t. IV, 1926).
- VALLS. — Essai de classification des eaux minérales (*Thèse médecine*, Alger, 1927).

Jean BARBAUDY. — Applications de l'électrométrie à l'analyse chimique (Paris, 1927).

V. CLARK. — Détermination of hydrogen ions, 2^e édition, Baltimore, 1923.

LECOMTE DU NOÛY. — Un nouvel appareil pour la mesure des tensions superficielles (*La nature*, 1920), t. I, page 63).

— Tensiomètre, appareil et méthode (*Le Journal de Physique et le Radium*, Série 6, t. VI, 1925).

Table des Matières

INTRODUCTION.	1
-----------------------	---

PREMIERE PARTIE

LA STATION D'HAMMAM R'HIRA

Chapitre 1. — Voies d'accès.	5
Historique.	7
Chapitre 2. — Géologie.	9
Climatologie.	14
Chapitre 3. — Les établissements d'Hammam R'Hira.	19
L'Hôpital militaire.	19
Les établissements civils.	21
L'établissement indigène.	23

DEUXIEME PARTIE

ORIGINE ET ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX D'HAMMAM R'HIRA

Chapitre 1. — Prélèvements et mesures exécutés sur place.	29
Température.	29
Radioactivité.	31
Chapitre 2. — Déterminations faites au laboratoire.	55
Résistivité.	55
Indice de réfraction	57
Tension superficielle.	58
Détermination du pH.	60

Chapitre 3. — Analyses chimiques.	71
Chapitre 4. — Origine des eaux d'Hamman R'Hira. . . .	85

TROISIEME PARTIE

PHARMACOLOGIE DES EAUX MINÉRALES ET THÉRAPEUTIQUE CLIMATIQUE

Chapitre 1. — Mode d'emploi des eaux d'Hamman R'Hira. .	91
Chapitre 2. — Leur action physiologique.	97
Chapitre 3. — Indications et contre-indications thérapeutiques de la cure thermale et climatique.	103
CONCLUSIONS.	107
BIBLIOGRAPHIE.	109

